ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 JUIN 1919.

PRÉSIDENCE DE M. Léon GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du décret, en date du 5 juin 1919, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Emile Bourquelot** pour occuper, dans la Section de Chimie, la place vacante par le décès de M. *Jungfleisch*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Bourquelot** prend place parmi ses Confrères.

GÉOLOGIE. — *Esquisse géologique du Tibesti, du Borkou, de l'Erdi et de l'Ennedi. — Les formations sédimentaires.* Note de MM. **A. Lacroix** et **Tilho**.

Les documents géologiques recueillis jusqu'ici sur le Tibesti et sur les régions avoisinantes se réduisent à peu de chose.

Nachtigal a traversé l'extrémité nord-ouest du Tibesti. Il y a signalé des formations volcaniques, un ancien cratère au pied du Toussidé qu'il considérait comme un cône éruptif, mais il n'a pas précisé la nature des matériaux qui le constituent : d'après des renseignements fournis par un indigène, il a assigné aussi une origine volcanique à l'Emi Koussi. Enfin,

sur les flancs sud-ouest du Toussidé, il a indiqué l'existence de grès et de granite [1].

Le même voyageur et tous ceux qui ont recueilli quelques roches dans les oasis du Borkou n'y ont vu que des buttes de grès surgissant du sable du désert, notamment entre Aïn-Galakka, Faya et Oueÿta, au pied occidental des plateaux gréseux de l'Ennedi. Aucun fossile n'a permis jusqu'ici de dater ces grès [2].

Notons enfin que G. Rolland, dans son esquisse de carte géologique du Sahara [3], généralisant outre mesure les quelques lignes du livre de Nachtigal consacrées à la géologie, représente le Tibesti comme une longue chaîne (nord-ouest) de roches cristallines anciennes, surmontées par des roches volcaniques récentes.

Les difficultés de toute sorte rencontrées au cours de la mission qui a fait l'objet des Notes précédentes [4] n'ont pas permis de réunir autant d'observations et d'échantillons géologiques que nous l'eussions voulu; néanmoins, les roches recueillies permettent dès à présent de préciser des points obscurs et d'apporter des faits nouveaux sur la constitution de cette vaste région africaine totalement désertique.

Laissant de côté pour l'instant les régions volcaniques du Tibesti, nous ne nous occuperons dans la présente Note que des formations sédimentaires communes à l'ensemble des régions explorées.

Le substratum du Tibesti est essentiellement constitué par des grès horizontaux qui ont été vus en place jusqu'à une altitude d'environ 1 100^{m}, aussi bien sur le flanc nord (vallée de Bardaï, flancs du Toh de Zoumri) que sur les flancs occidental et méridional (régions de Daski, de Tottous) de l'Emi Koussi; la base méridionale de cette haute montagne se prolonge par le Borkou, où les observations antérieures ont été confirmées et étendues vers le nord (Gouro, Modjounga, Ounianga) jusqu'au plateau de

(1) G. Nachtigal, *Sahara et Soudan*, traduction française. Paris, G. Gourdault. 1881, p. 175 et 235.

(2) Bordeaux, *La Géographie*, t. 18, 1908, p. 209. — Ferrandi, *in* Garde, *Description géologique des régions situées entre le Niger et le Tchad et à l'est et au nord-ouest du Tchad* (Thèse), 1910, p. 225. — Arnaud, *in* Lemoine, *Afrique occidentale. Handb. region. Geologie*, t. 7, p. 6 à 10. — E. Jamot, *Contribution à l'étude de la géologie du Ouadaï* (*C. R. Congrès Soc. sav. en* 1914 : *Sciences*, Paris, 1915, p. 128.

(3) *Géologie du Sahara algérien et aperçu sur le Sahara de l'océan Atlantique à la mer Rouge*, 1890.

(4) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 984 et 1081.

Jef-Jef (exploré par le lieutenant Fouché) qui, lui aussi, est gréseux, de même que l'Erdi et l'Ennedi : les grès recueillis (notamment à Erdelé sur le flanc nord de l'Ennedi) ne diffèrent pas de ceux d'Oueÿta.

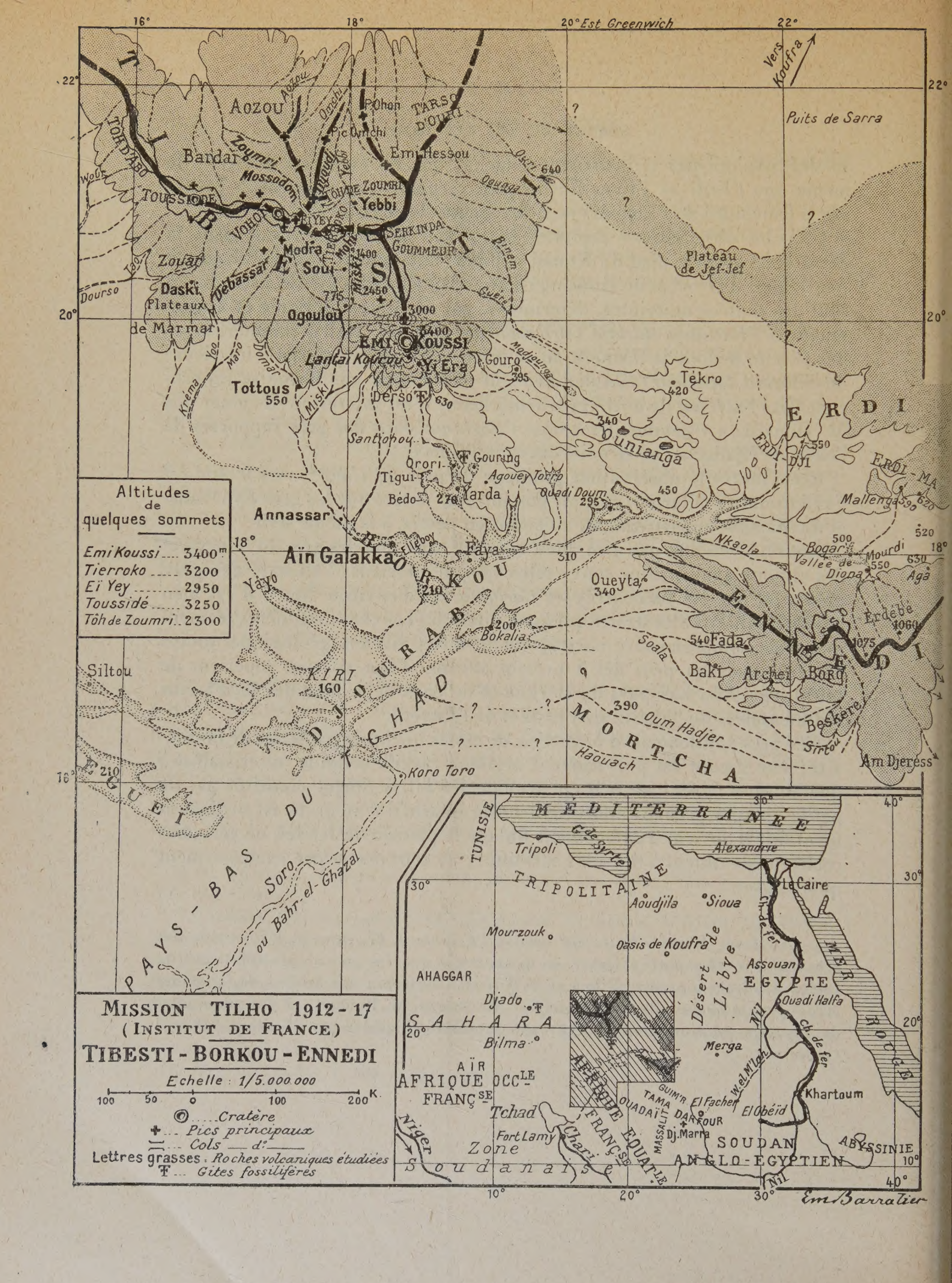
Une des observations capitales faites par la Mission réside dans la découverte entre le pied du Koussi et Faya (notamment dans les Oueds de Santiohou, d'Orori et de Gouring) d'abondants fossiles bien conservés : ce sont des contre-empreintes, déterminées par M. Marcellin Boule et appartenant à l'*Harlania Harlani* (*Arthrophycus Harlani*, Hall), caractéristique des *grès de Médina* de l'Amérique du Nord qui forment la partie inférieure du Silurien supérieur (Gothlandien); il existe aussi une forme se rapprochant des *Vexillum* de notre grès armoricain. Il est intéressant de noter que M. Douvillé a récemment reconnu l'*Harlania* dans des grès rapportés de l'oasis de Djado, au nord-nord-ouest de Bilma ([1]).

Cette nouvelle observation prolonge de près de 1500^{km} vers le sud-est l'extension du Silurien, et il est possible, en outre, que les grès du Ouadaï et du Massalit appartiennent, au moins en partie, à la même série.

Nous ne voulons pas dire, bien entendu, que tous les grès du Tibesti et des régions avoisinantes sont exclusivement siluriens; l'altitude des gisements où ont été rencontrés les *Harlania* est d'environ 300^{m}; il est bien vraisemblable que les strates qui surmontent les couches fossilifères forment une série compréhensive correspondant à des niveaux géologiques moins anciens, mais on peut dès à présent affirmer l'âge silurien supérieur de tous les grès du bas pays du Borkou et de ceux de la base des formations sédimentaires du Tibesti, de l'Erdi et de l'Ennedi.

Ces grès contiennent d'ordinaire au moins quelques paillettes de muscovite; leur ciment est plus souvent argileux (argile colloïde ou cristalline) que siliceux (grès lustrés du plateau de Jef-Jef, à ciment constitué par de petites plages grenues non orientées de quartz); leur grain est ordinairement fin, il devient extrêmement fin sur le plateau de Jef-Jef, où certaines roches ressemblent à des silex stratifiés : ce sont des *pélites* exclusivement quartzeuses.

([1]) *In* HENRY HUBERT, *Bull. Soc. géolog. France*, t. 17, 1917, p. 115, note 5. Cet échantillon a été apporté à Dakar, en même temps que des grès un peu calcaires, (de Dadafi à mi-chemin entre Bilma et de Tibesti) contenant des articles de Crinoïdes et des Brachiopodes siluriens (*Spiriferi Rousseaui*, M. Rouault, et des empreintes de *Leptostrophia orskania* Clarke) antérieurement signalés par M. Haug à l'Oued Oubrakate.



MISSION TILHO 1912 - 17
(INSTITUT DE FRANCE)
TIBESTI - BORKOU - ENNEDI
Echelle : 1/5.000.000
Cratère
Pics principaux
Cols d°
Lettres grasses : Roches volcaniques étudiées
Gîtes fossilifères
Altitudes de quelques sommets
Emi Koussi 3400m
Tierroko 3200
Eï Yey 2950
Toussidé 3250
Tôh de Zoumri .. 2300
20° Est Greenwich
Vers Koufra
Puits de Sarra
Plateau de Jef-Jef
Aozou
Bardaï
Toussidé
Zouar
Daski
Plateaux de Marmar
Modra
Soui
Ogoulou
Yebbi
Emi Koussi
Yi Era
Tottous
Annassar
Aïn Galakka
Faya
Tekro
Ounianga
Ouadi Doum
Yarda
Bedo
Oueÿta
Fada
Baki
Archei
Bokalia
Kiri
Siltou
Koro Toro
Oum Hadjer
Am Djeress
Beskere
Erdebé
Mallenga
Bogar
Vallée de Diona
Agâ
Mortcha
Djourab
Tchad
Pays-Bas du Tchad
Egueï
Soro ou Bahr-el-Ghazal
Tibesti
Borkou
Ennedi
Erdi
Méditerranée
G. de Syrte
Tripoli
Alexandrie
Tunisie
Tripolitaine
Le Caire
Aoudjila
Sioua
Mourzouk
Oasis de Koufra
Désert de Libye
Assouan
Egypte
Ahaggar
Djado
Sahara
Bilma
Aïr
Afrique Occle Françse
Merga
Quadi Halfa
Mer Rouge
Khartoum
El Obéid
El Facher
Darfour
Dj. Marra
Ouadaï
Tchad
Fort Lamy
Chari
Niger
Zone Soudanaise
Afrique Equatle Françse
Soudan Anglo-Egyptien
Abyssinie
Nil
Em. Barratier

Ces grès, blancs ou bariolés, sont souvent recouverts, notamment dans le Borkou, par ces grès bruns ou jaunes, à ciment de limonite, bien connus des explorateurs du Sahara; il n'est pas possible de dire s'ils résultent d'une simple imprégnation par de l'hydroxyde de fer des grès en place sous-jacents ou s'ils ne sont pas plutôt le résultat de la cimentation par la limonite de sables d'origine éolienne formés aux dépens de ces grès anciens ([1]). Quoi qu'il en soit, ces roches ferrugineuses forment des rides rocailleuses émergeant du sable des dunes : leur surface est curieusement mamelonnée, sculptée et polie par corrosion. Enfin, des concrétions ferrugineuses sphériques, piriformes, souvent creuses, abondent aussi à l'état libre dans le sable. Sur la crête gréseuse située au sud d'Aïn-Galakka des croûtes d'aragonite fibreuse se rencontrent dans les fentes des grès.

Il y a lieu de signaler (Agoueÿ Torro, Yarda), émergeant aussi du sable, des crêtes de limonite concrétionnée et de psilomélane compacte se prolongeant dans les grès sous-jacents sous forme de filonnets : il s'agit là d'une formation d'origine latéritique, identique à celle qui est si fréquente dans les grès de la Guinée. Ce fait est à rapprocher de l'existence sur le granite du Ouadaï de latérite bauxitique pisolitique fossile. C'est une preuve nouvelle du changement de climat de ces régions, aujourd'hui désertiques, naguère soumises à un climat tropical humide. Ce changement de régime n'est probablement pas extrêmement ancien, la Mission a en effet trouvé dans le sable du Djourab méridional (à une quarantaine de kilomètres à l'ouest-nord-ouest de Koro Torro) un squelette d'éléphant qui est tombé en poussière quand on a voulu le dégager.

Formations à faciès gneissique ou schisteux. — Dans l'Oued Miski, entre les altitudes de 650^{m} et de 1200^{m} à 1400^{m}, ont été observés (source Ogoulou) des schistes à faciès ardoisier, avec intercalations de lits quartzeux : ils sont redressés plus ou moins verticalement. Nulle part, il n'a été possible de voir leurs relations avec les grès horizontaux, qui, dans le Sud et l'Ouest, se trouve souvent à une altitude plus élevée qu'eux, et il en a été de même pour des roches à aspect gneissique qui abondent en blocs dans les Oueds Modra et Souï.

L'examen microscopique fait voir qu'il ne s'agit là ni de schistes sédi-

---

([1]) De gros grains polis de quartz, hyalin ou jaune, se rencontrent dans le sable de ces régions gréseuses : parfaitement transparents, transformés en *cailloux à facettes*, ils proviennent en partie de l'usure de cristaux drusiques de quartz provenant des fentes des grès.

mentaires, ni de véritables gneiss. Ce sont des roches éruptives, granite avec épidote compacte (Oued Souï), et diorite quartzifère (Modra et Souï), présentant tous les termes possibles de structure cataclastique, depuis des types à peine déformés jusqu'à d'autres tellement laminés, qu'il n'y subsiste plus trace de la structure originelle. L'existence de ces mylonites est la preuve d'accidents tectoniques importants que nous ne pouvons qu'indiquer, faute d'observations suffisantes sur le terrain.

Notons enfin qu'un échantillon isolé de mylonite a été recueilli dans le Borkou, à Annassar, situé à 60^{km} nord-ouest d'Aïn-Galakka; ce fait est à rapprocher de l'existence d'un morceau de granite, parmi les roches rapportées de cette région par le lieutenant Ferrandi.

La Carte ci-jointe (p. 1172) permet de situer les diverses localités citées dans cette Note.

ASTRONOMIE. — *Travaux de l'Observatoire de la Marine.*
Note (1) de M. G. **Bigourdan**.

Delisle, âgé déjà de 60 ans quand il établit son Observatoire, n'y fit lui-même que des observations accidentelles (2) dont nous n'avons pas les registres : la dernière paraît être de 1761; mais il sut se faire suppléer activement par des élèves et surtout par Messier, qu'il orienta particulièrement vers la recherche des comètes.

Pour lui-même, il consacra le reste de sa carrière à la publication de travaux antérieurs, astronomiques (3) ou géographiques (4), et il mit sa grande expérience au service des astronomes, en publiant des *Avertissements* sur la

(1) Séance du 26 mai 1919.

(2) *Pass.* ☿ 1753* mai 6 (243); 1756 novembre 6 (1758, 134). — *Pass.* ♀ 1761* juin 6.

Ecl. ⊙ 1748* juillet 25 (249); 1760 juin 14 (*C. des T.*, 1809, p. 331).

Ecl. ☾ 1749 décembre 23 (320); 1750 décembre 13 (343); 1751 décembre 2 (273); 1757 juillet 30 (*C. des T.*, 1810, p. 333).

Sat. ♃ 1759 (*C. des T.*, 1810, p. 359-361) et 1761 septembre 26 (*C. des T.*, 1809, p. 348) : cette observation de 1761 paraît être la dernière de Delisle.

(3) Sur la cause de l'auréole solaire dans les éclipses totales; sur la variation du diamètre solaire suivant l'ouverture des lunettes.

(4) Nouvelles découvertes dans le nord de l'Amérique et voyage de l'amiral de *Fuente*. Longitudes de Louisbourg (1751, 36), de Madère (1754, 565). Plan de Pékin (1764, 158). Cartes de Géorgie, de Babylonie, dressées par son frère le géographe (1766, H. 114, 119).

manière d'observer les principaux phénomènes attendus [ceux marqués d'un astérisque (*) dans la deuxième note ci-dessus].

On lui a reproché sa disposition à rassembler les observations plutôt qu'à les publier, ou même à les communiquer. C'est un travers qui eut des conséquences assez graves lors du retour tant attendu de la comète de Halley en 1759 : par une méthode dont le principe est assez discutable (*Mém. Acad.*, 1760, p. 382 ...), Delisle avait calculé les points du ciel où l'on devait attendre cette comète; Messier la chercha pendant près de deux années dans ces régions et la trouva enfin le 21 janvier 1759. Mais au lieu d'annoncer immédiatement cette découverte, afin de permettre aux autres astronomes de multiplier les observations, Delisle la garda pour lui, et imposa le secret à Messier son subordonné. De la sorte, Messier fut seul à observer la comète dans la première partie de son apparition (1759 janvier-février 14), puis à la retrouver lors de sa sortie des rayons du Soleil (1759 mars 31). C'est alors seulement que Delisle livra son secret, qui d'ailleurs ne l'était pas en Allemagne, où un paysan d'abord, puis un astronome, avaient vu la comète avant Messier.

Déjà il avait agi à peu près de même pour la comète de 1758.

Dégoûté peut-être par les désagréments qu'il s'était attirés ainsi, Delisle, déjà septuagénaire d'ailleurs, abandonna peu à peu l'Astronomie : à partir de 1760 il se fit suppléer par Lalande au Collége de France, où cependant il continua d'habiter; toutefois il s'intéressa toujours à son Observatoire, car lorsque, en 1767, Messier prit part au voyage de Hollande sur l'*Aurore*, pour l'essai des montres marines, il pria Lalande de le remplacer, pour ne pas interrompre la suite des observations. En outre, il céda une partie de ses pensions à Messier. Auparavant et déjà veuf, en 1763, il se retira quelque temps à l'abbaye Sainte-Geneviève; mais il la quitta en 1767 pour aller habiter avec des intrigants qui avaient capté sa confiance et toutes ses ressources : lorsqu'il mourut, le 12 septembre 1768, Buache son neveu et Messier durent se cotiser pour éviter qu'il ne fût enterré dans la fosse commune.

Messier remplaça Delisle comme astronome de la marine et comme directeur de l'Observatoire de Cluny (1771), où il poursuivit ses observations d'autant plus activement que, dès lors, il se trouva logé dans l'hôtel même.

La plupart des registres manuscrits des observations de Messier paraissent perdus; le seul qui nous reste, conservé à l'Observatoire de Paris (C. 2, 19), couvre l'intervalle 1757 janvier 1 — 1760 septembre 30 : c'est une copie au

net, écrite en entier de la main de Messier, parfaitement propre et claire; elle se termine ainsi : « *La suite des observations dans le Journal suivant* ».

Fort heureusement Messier a publié la plupart de ses observations : celles des comètes sont dans *Sav. Étr.*, t. 5, 6; dans *Mém. Acad.*, années 1760 à 1790, et dans les premiers volumes de *Mém. Institut.* Quant à ses autres observations, elles se trouvent dans divers volumes de la *Connaissance des Temps* (Additions) où elles forment six séries (I-VI) numérotées dans l'ordre de publication, qui est inverse de l'ordre chronologique des observations.

Dans chaque série, les observations se trouvent classées à peu près ainsi : *Eclipses* ☉, ☾ ; *Occultations*, etc. Le Tableau suivant indique les volumes et les pages où on les trouve :

Intervalles des observations.	Éclipses ☉, ☾.	Occultations.	Satellites de ♃.	Comètes.	Observations diverses.	*Années de la Conn. des T.*		Série.
1752-1759...	p. 332-334	p. 334-340	p. 340-361	p. 361-364	p. 364-372 (1)	1810,	p. 332-373	VI
1760-1764...	329-337	338-339	339-359	359-361	361-365 (2)	1809,	329-365	V
1765-1769...	390-391	391-394	413-420	423-425	425-434 (3)	An XV,	389-431	IV
1770-1774...	434-435	435-437	437-455	455-457	457-465	An IX,	434-465	III
1775-1784...	305-308	308-319	320-346	346-349	349-356 (4)	An VIII,	305-356	II
1785-1796,4.	207-208	208-218	218-230	231-234	»	An VII,	207-234	I

Pour les comètes, il ne donne pas ici des observations de position, mais des remarques diverses, avec renvois et corrections à la publication déjà faite (5).

(1) P. 372-373 : Nombres annuels de passages méridiens observés de ☾ (1752-1777). — Nombre des oppositions observées de ♂, ♃, ♄, ♅ (1752-1799).

(2) P. 338 : Pass. ♀, 1761, juin 6.

(3) P. 391 : Pass. ♀, 1769, juin 3. — P. 421-423 : Bandes et taches de ♂ (1764-1798). — P. 423 : Bandes ♄, 1776.

(4) P. 308 : Pass. ☿, 1782, novembre 12.

(5) Pendant les années 1777-1780, Messier fit un grand nombre d'observations de taches solaires qu'il se proposait de publier (*C. des T.*, an VIII, p. 351); plus tard, Delambre (*Éloge*, p. lxxxviij) espérait en « faire jouir les astronomes »; mais ni l'un ni l'autre n'a pu réaliser son projet; ces observations paraissent aujourd'hui perdues.

Il en est de même des *Mémoires* de Messier, que nous connaissons par Delambre (*Éloge*, p. xcij, et *Hist. Astr.*, VI, 772). Messier, dit-il, était éminemment observateur; il ne voyait rien, n'entendait rien dont il ne prit note; ses Mémoires, d'une lecture piquante, auraient eu besoin d'être rédigés d'une manière plus correcte et plus concise; mais Messier ne put les transcrire à cause de l'affaiblissement de sa vue. « Ses

Messier s'est rendu célèbre surtout par ses observations et ses découvertes de comètes, poursuivies pendant 50 ans, de 1758 à 1808. D'une Notice détaillée sur ce sujet, que j'ai donnée dans le *Bulletin astronomique* de 1904 (t. XXI, p. 127, 157, 204), il résulte que durant ce demi-siècle il a paru 55 comètes, dont 12 ont été découvertes par Messier ([1]), non compris celles qu'il a trouvées en même temps que d'autres astronomes ([2]).

C'est à partir de 1781, quand il avait dépassé la cinquantaine, qu'il trouva dans Méchain, à Paris même, un rival particulièrement heureux; mais si l'on s'en tient à la période la plus active de Messier, de 1759 à 1771, sur 14 comètes qui parurent alors il en découvrit 8, et comme certaines des autres se montrèrent subitement aux yeux de tous, Delambre a pu dire que « pendant quinze ans, presque toutes les comètes qui furent découvertes le furent par lui seul ». Aussi Louis XV l'appelait-il le dénicheur ou le *furet* des comètes.

Un autre travail très important de Messier est relatif aux nébuleuses, dont il découvrit un assez grand nombre pendant ses longues recherches. En vue d'en former un catalogue, il observa ces astres, à partir de 1764, de la même manière que les comètes; et en 1771 il publia la position et la description de 45 nébuleuses ou amas (*Mém. Acad.*, 1771, p. 435) dont il augmenta le nombre dans la suite.

---

remarques auraient pu faire un supplément, au moins curieux, aux registres de l'Académie et du Bureau des Longitudes...; le public les aurait probablement ignorés toujours, sans quelques feuilles détachées qui se trouvaient dans les volumes de sa bibliothèque, vendus à sa mort par ses héritiers ». On en trouve une partie, probablement assez petite, sur des volumes de la *Connaissance des Temps* qui sont aujourd'hui à l'Observatoire de Pulkowo et qui proviennent de Messier.

Nous ignorons également ce que sont devenus les deux volumes de Messier dont Delambre (*Éloge*, p. lxxxix) parle ainsi : « Il avait lui-même rassemblé tous ses Mémoires astronomiques et météorologiques dans deux volumes énormes, dont l'un contenait ses comètes et l'autre ses observations diverses. »

([1]) Comètes de 1759 II, 1763, 1764, 1766 I, 1769, 1770 II, 1770 III, 1771, 1780 I, 1788 I, 1793 I, 1798 I.

([2]) Comète de 1758 I, qu'il vit en même temps que Méchain, et comète de 1801, qui fut découverte séparément le même jour (1er juillet 1801) par Pons, Messier, Méchain et Bouvard. C'est sans doute en tenant compte de ces dernières que Messier écrivait en 1808, que depuis 1758 il avait observé 45 comètes, « autant que tous les astronomes qui ont vécu avant lui », sur lesquelles il en avait découvert 20 (voir sa brochure : *Grande comète qui a paru à la naissance de Napoléon le Grand*).

Lalande avait consacré à Messier une petite constellation du même nom, le *Messier*, qui n'a pas été conservée. Voir son histoire dans *J. de Phys.*, t. 72, 1811, p. 387-393, avec pl.

MÉTÉOROLOGIE ET PHYSIQUE DU GLOBE.

Delisle et Messier mentionnent assez souvent leurs observations météorologiques ; mais elles ne paraissent pas avoir été publiées *in extenso* : nous n'en connaissons que des résumés; même les registres originaux paraissent perdus en majeure partie.

L'original autographe des observations faites par *Delisle* du 4 octobre 1747 au 3 décembre 1760 est aujourd'hui aux archives de l'Observatoire de Paris (A. 7, 2); les heures des observations varient d'un jour à l'autre et les instruments étaient lus de 3 à 4 fois par jour; le manuscrit manque de clarté. Delisle avait eu soin de comparer son baromètre à celui de La Hire qui était encore en usage à l'Observatoire royal (A. 7, 6).

Messier commença ses observations météorologiques le 1er janvier 1763, et jusqu'au 1er novembre 1771 il les fit au Collége de France. Il les continua dans la suite à l'hôtel de Cluny, au moins jusqu'à 1796, mais nous n'avons aucun de ses registres originaux. Pour la période 1763 janvier 1-1772 décembre 31, Cotte en donna les moyennes dans *Sav. Étr.*, t. VII, p. 427-502, avec des indications sur les instruments (p. 431). Messier avait recueilli le baromètre de Delisle, mais à partir d'octobre 1766 il s'en construisit un autre muni d'un *vernier;* jusque-là, à ce qu'il croit, aucun baromètre n'avait été muni de cet accessoire important. Le 21 octobre 1818 le Bureau des Longitudes décida que l'on comparerait soigneusement le baromètre de Messier à celui qui était en usage à l'Observatoire royal.

Dans ses *Observations diverses*, Messier donne des indications sur les extrêmes annuels de température, ... sur les périodes météorologiques anormales, comme grands froids, fortes chaleurs, pluies ou neiges abondantes, débordements, etc. Il a même publié sur certaines de ces périodes plusieurs Mémoires, comme par exemple sur les froids de 1776, de 1788-1789, sur les grandes chaleurs de 1793.

Il a signalé fréquemment aussi des aurores boréales, plus rarement des tremblements de terre, etc.

SPECTROSCOPIE. — *Remarques sur la constitution de l'atome et les propriétés des spectres de bandes.* Note de M. H. DESLANDRES.

Dans une Note récente du même Tome [1], j'ai montré que la distribution des vibrations dans les spectres de bandes pouvait être représentée par la formule suivante à trois variables ou paramètres indépendants, m, n, p,

$$(5) \qquad \nu = \pm \frac{f(n^2p^2)}{2} \times (m+\alpha)^2 + \frac{B}{2}(n+\beta)^2 - \frac{C}{2}(p+\gamma)^2 \pm K,$$

ν étant le nombre de vibrations (fréquence), m, n, p les nombres entiers successifs; $f(n^2p^2)$ étant une fonction qui paraît simple et est encore à déterminer exactement; B, C, K, α, β, γ étant des constantes. Les coefficients $f(n^2p^2)$, B et C sont en principe positifs et interviennent avec le signe qui les précède.

La formule met en relief trois progressions arithmétiques, de raisons égales à $f(n^2p^2)$, B et C, qui président à la distribution. Les progressions B et C fixent l'arête des bandes, et la progression, dont la raison $f(n^2p^2)$ est variable, donne les raies qui composent chaque bande.

Chaque progression est représentée par un terme de la forme $A(m+\alpha)^2$; et cette forme a été choisie surtout pour la comparaison avec les spectres de lignes, dont la formule est constituée par les inverses du même terme. Mais ce terme est à certains égards restrictif; et l'on sera conduit plus loin à remplacer la formule (5) par une autre plus générale.

1. Le deuxième terme de la formule, qui correspond à la progression B, est toujours additif, et le troisième, de la progression C, toujours soustractif. Cette propriété est caractéristique, et j'ai annoncé l'avoir vérifiée sur 15 spectres de bandes distincts à trois paramètres. Actuellement, le nombre des vérifications s'élève à 17, les spectres soumis à l'épreuve étant les suivants : 1er, 2e et 3e groupes de l'azote, groupe de l'azote phosphorescent, groupe du pôle négatif de l'azote; 1er, 2e, 3e et 4e groupes du carbone, groupe du pôle négatif du carbone; le 1er et le 2e groupes dits du cyanogène; le 1er et le 2e groupes de l'azoture de bore, le spectre de l'aluminium, celui du plomb, et le spectre d'absorption de l'iode.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 861.

Cette liste sera augmentée prochainement; de nouveaux spectres de bandes sont annoncés de tous côtés, et mêmes publiés, au moins avec la mesure des raies arêtes; et l'on peut mettre encore à contribution les belles séries de mesures précises poursuivies par Kayser et ses élèves à Bonn, par Eder et Valenta, Exner et Haschek.

Les mémoires, il est vrai, doivent être le plus souvent complétés et modifiés; les auteurs n'ont pas cherché les séries naturelles, ou les ont présentées de façons très différentes; ils ont aussi rapproché des séries qui, comme on le verra plus loin, ne sont pas de même nature, et doivent être transformées. Bref, la confusion est actuellement très grande; il faut la faire cesser; il faut adopter des règles uniformes pour la représentation des séries, et fixer les conditions à remplir par les séries à comparer. La réforme sera d'ailleurs soumise à un congrès international : elle permettra de rechercher plus facilement les relations que la dernière Note laisse entrevoir entre les coefficients de la formule (5) et les nombres atomiques des corps simples.

La distribution des raies arêtes est présentée en général dans un Tableau ou dans un dessin. Je propose : 1° de réserver les mêmes lettres B et n aux progressions additives, et les lettres C et p aux progressions soustractives; 2° d'adopter le Tableau-type que j'ai employé en 1887 pour présenter le deuxième groupe de l'azote, en 1891 pour le premier groupe du carbone (Swan), et en 1904 pour le groupe du pôle négatif du carbone, après avoir ajouté quelques détails utiles. Ce Tableau dérive de la loi générale posée en 1887 : les raies arêtes sont divisibles en séries dont les premiers intervalles sont en progression arithmétique, et ces séries sont superposables. Les fréquences des raies arêtes sont placées aux sommets d'un grand quadrillage à lignes horizontales et verticales. Les raies qui, pour une même valeur de p, correspondent aux valeurs successives de n, occupent une même ligne verticale, et les lignes verticales sont disposées de manière que les intervalles égaux des séries soient une même ligne horizontale. Les fréquences croissent de haut en bas dans chaque ligne verticale, et de gauche à droite dans chaque ligne horizontale. En fait, chaque ligne verticale correspond à une valeur particulière de p, et chaque ligne horizontale à une valeur particulière de n; ces valeurs des paramètres sont marquées sur les côtés du Tableau.

Le dessin a une disposition analogue; mais, sur une même ligne horizontale, les raies arêtes, qui correspondent aussi à une même valeur du paramètre n, ne sont plus équidistantes, mais séparées par des intervalles égaux à la différence de leurs fréquences. On place en haut et en bas du

dessin le spectre même des raies arêtes exprimé en fréquences, et les raies qui dépendent d'une même valeur de p sont réunies par des lignes inclinées.

Je donne ci-dessous comme exemple le Tableau des bandes de l'aluminium qui, étant peu étendu, peut être contenu dans une page de ce volume. Ce spectre se distingue des spectres précédents de l'azote et du carbone, déjà publiés, par la valeur plus faible des raisons. Il a été mesuré avec soin par Hasselberg en 1892, et par Lauwartz en 1903; leurs nombres sont très voisins, mais ils ne donnent pas les bandes rouges du spectre.

J'ai adopté les nombres plus récents de Lauwartz après les avoir ramenés au vide et à l'étalon international. La formule des raies arêtes, rectifiée, est la suivante :

$$\nu = 36825,9 + \frac{12,776}{2}(n + 0.873)^2 - \frac{7,06}{2}(p + 0.424)^2,$$

n variant de 69 à 75 et p de 122 à 114.

Tableau du spectre de bandes de l'aluminium.

	$p = 117.$		116.		115.		114.				
....							21762,6				
....					21845,6						
....	21110,0	826,5	21936,5								21110,0
	925,6										925,6
....	22035,6				19513,6				21201,8	833,8	22035,6
					938,1				934,6		
....			19594,4	857,3	20451,7	845,0	21296,7	839,7	22136,4		
			949,3		949,1		949,7				
....	19682,2	861,5	20543,7	857,1	21400,8	845,6	22246,4				
	963,6		965,1		961,7						
....	20646,1	862,7	21508,8	853,9	22362,7						
	$p = 122.$		121.		120.		119.		118.		117.

Le Tableau, qui s'étendait trop en largeur, a dû être divisé en deux parties, séparées par un trait noir incliné, et la partie supérieure doit être déplacée de gauche à droite avec les valeurs de p, de manière que les fréquences 21110 et 22035, à la gauche de la partie supérieure, viennent coïncider avec les mêmes nombres répétés à la droite de la partie inférieure.

Les gros chiffres sont les fréquences mesurées des raies arêtes, et les petits chiffres interposés sont les différences premières. On constate, à pre-

mière vue, que ces différences sont à peu près les mêmes à la fois sur la même ligne horizontale et sur la même ligne verticale. De plus, du haut en bas, dans le sens des n croissants, les intervalles sont croissants, et à peu près en progression arithmétique; de gauche à droite, les intervalles sont aussi en série arithmétique, mais décroissants. On reconnaît immédiatement les deux progressions fondamentales, l'une additive, l'autre soustractive.

Les nombres calculés, non reproduits, sont voisins des nombres mesurés; la moyenne des écarts pris en valeur absolue étant de 2,07. Si, avec la formule, on calcule les bandes rouges du spectre, on retrouve les nombres mesurés par Thalen et Hindrichs. Lorsque tous les spectres de bandes seront représentés de cette manière, il sera plus facile de les comparer.

II. Lorsqu'un spectre de bandes nouveau se présente, on cherche aussitôt à ranger ses raies arêtes en séries arithmétiques; mais, dans un spectre régi par la formule (5), il y a d'autres séries arithmétiques que celles des lignes verticales et horizontales du Tableau. Ainsi, les raies arêtes disposées le long des diagonales du Tableau, ou même le long d'autres lignes, sont aussi en progression arithmétique. J'ai signalé brièvement le fait dans ma Note de 1902, sur les spectres de bandes de l'azote ([1]).

Considérons les deux diagonales issues d'un point $n^0 p^0$ du Tableau; les raies arêtes situées sur une diagonale sont telles que la somme $n+p$ de leurs paramètres est constante et égale à n^0+p^0; sur l'autre diagonale, c'est la différence $n-p$ qui est constante et égale à n^0-p^0. Si, dans la formule des raies arêtes, on remplace n par $(n+p)-p$, et ensuite n par $(n-p)+p$, on voit aisément que, le long d'une diagonale, les raies sont en progression arithmétique, et avec une raison égale à B — C.

Or on peut former plusieurs Tableaux différents, comprenant toutes les raies arêtes, soit avec une ligne verticale ou horizontale du Tableau normal et une série de lignes diagonales parallèles, soit avec les deux lignes diagonales; les raisons étant B et B — C, ou C et B — C, ou seulement B — C. Comment distinguer ces Tableaux les uns des autres? Comment distinguer les raisons qui sont à retenir pour la comparaison entre les différents spectres? On peut s'appuyer sur la propriété suivante :

Les séries de raies, parallèles à une diagonale, sont toutes en progression arithmétique avec la raison B — C, mais elles ne sont pas superposables

([1]) *Comptes rendus*, t. 134, 1902, p. 748.

au moins en général; les séries verticales et horizontales du Tableau normal sont au contraire superposables. Cette différence, qui est caractéristique, n'a pas été signalée par les auteurs qui, récemment, ont comparé les deux genres de séries.

Cependant, dans la plupart des spectres, les séries diagonales sont les plus apparentes et sont reconnues les premières; ainsi, dans le Tableau de l'aluminium, les quatre séries diagonales parallèles correspondent aux quatre groupements de bandes du spectre, visibles à première vue. Elles ne sont pas superposables; mais, lorsque la précision des mesures est faible, lorsque la différence B — C est petite, il est souvent difficile de décider. Dans tous les cas, on peut recourir à la règle dite des perturbations des bandes, qui a conduit en 1887 à la loi générale de distribution ([1]). « En général, les bandes qui dépendent d'une même valeur du paramètre p ont les mêmes irrégularités ou perturbations, et ces irrégularités peuvent servir à les distinguer des autres bandes. » Cette propriété a été vérifiée et même complétée par Heurlinger.

On dispose donc de deux méthodes pour reconnaître les séries superposables; mais, le plus souvent, un appareil spectral puissant et de longues mesures précises sont nécessaires.

III. Dans les spectres précédents, la distribution des raies est sous la dépendance de trois paramètres distincts; mais d'autres spectres de bandes montrent seulement deux paramètres. Je citerai comme exemple le spectre d'absorption de l'oxygène, spectre bien connu, dont les cinq bandes A, B, α, α', α'' ont leurs raies arêtes données par la formule

$$\nu = -\frac{28,2224}{2}(p+0,2775)^2 + 48788,85 \quad (p \text{ variant de } 50 \text{ à } 46).$$

Le spectre des arêtes montre seulement une progression négative. Par contre, le quatrième groupe de l'azote (Fowler) offre aussi une seule série de bandes, qui dépend du paramètre n et est positive. Dans ces spectres, le troisième paramètre manque, ou plutôt a une seule valeur, et est confondu avec les constantes. Il doit avoir au moins deux valeurs pour manifester son existence, et trois valeurs sont nécessaires pour reconnaître le sens de la variation des premiers intervalles.

Ainsi, le spectre de bandes découvert en 1904 dans les comètes, et attribué

([1]) Voir *Comptes rendus*, t. 139, 1904, p. 1176, et t. 157, 1913, p. 673.

à l'oxyde de carbone, offre sept valeurs du paramètre n et donc nettement une progression additive, mais seulement deux valeurs du paramètre p.

Ces spectres incomplets sont nombreux. Je propose, pour donner une première idée des spectres de bandes, d'ajouter simplement à leur nom les valeurs des paramètres n et p, et le nombre moyen des valeurs de m.

IV. La formule (5), qui donne la distribution des raies dans le spectre entier, n'est pas assez générale; elle ne comprend pas le cas limite où la raison des progressions est nulle. Les raies sont alors équidistantes, et cette structure simple a été déjà signalée dans les spectres de bandes.

Il convient de revenir à la loi de distribution telle qu'elle a été posée en 1886 et 1887, et au polynome du second degré à trois termes qui la représente exactement. Les coefficients du polynome sont indépendants et peuvent être nuls séparément. On a la formule améliorée

$$(6)\quad \nu = \pm\left[\frac{F(n^2p^2)}{2}\times m^2 + f_1(n^2p^2)\times m\right] + \left[\frac{B}{2}\times n^2 + b_1 n\right] - \left[\frac{C}{2}\times p^2 + c_1 p\right] \pm K,$$

m, n, p étant les nombres entiers successifs, positifs et négatifs; b_1 et c_1 étant des constantes indépendantes de B et C. Le premier terme comprend deux fonctions F et f_1 de n^2p^2 : car le coefficient α de la formule (5), supposé constant, était souvent variable. Mais Heurlinger a montré que la fonction f_1 était constante dans certains spectres, au moins lorsque l'on choisit convenablement l'origine des nombres m; il faudra rechercher si cette propriété est générale.

L'une des trois raisons $F(n^2, p^2)$, B ou C, ou deux d'entre elles, ou même les trois, peuvent être nulles, et l'on a une ou deux, ou trois séries de raies et bandes équidistantes.

Ainsi, dans le spectre si curieux du toluol, la raison B est nulle, la raison négative C étant égale à $-35{,}8$. Dans le spectre d'absorption de l'acide sulfureux, qui offre 540 bandes, les raisons B et C sont nulles à la fois. Les termes du premier degré en n et p subsistent seuls, et peuvent être positifs ou négatifs à volonté, par un choix convenable des nombres entiers et des constantes. Les raies arêtes sont données encore par la différence de deux termes, qui sont, l'un additif et l'autre soustractif.

Finalement, dans l'état actuel des recherches, tous les spectres de bandes connus [1] peuvent être rattachés à la formule (6).

---

[1] Il y a une seule exception, fournie par le spectre de bandes de l'hélium, dont les arêtes, d'après Fowler, forment une série de Balmer.

Dans une troisième Note, consacrée aussi aux spectres de bandes, je compléterai l'exposé de leurs caractères principaux, qui conduit, en fait, à une classification naturelle, et j'aborderai ensuite l'étude de l'atome.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les surfaces isothermiques.* Note de M. C. GUICHARD.

Darboux a montré que la recherche des surfaces isothermiques revient à trouver cinq solutions $\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_5$ d'une équation à invariants égaux telles que la somme de leurs carrés soit égale à zéro. Si l'équation du réseau, formé par les lignes de courbure, est intégrable par la méthode de Laplace, il en est de même de celle à laquelle satisfont les fonctions θ. Je me propose de trouver toutes les solutions de cette nature.

Dans un espace à cinq dimensions, la droite qui a pour paramètres directeurs $\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_5$ décrit une congruence I, C; une telle congruence est harmonique à un réseau O, 2I, c'est-à-dire à un réseau O de l'espace à cinq dimensions applicable sur un réseau plan [voir mon Mémoire *Sur les systèmes orthogonaux et les systèmes cycliques* (*Annales de l'École Normale supérieure*, Chap. XI, 1903)]. Il est clair que, dans le cas où je me place, l'équation des réseaux O applicables est intégrable par la méthode de Laplace et réciproquement. La méthode qui permet d'obtenir ces réseaux est analogue à celle que j'ai employée dans mes Notes précédentes sur les surfaces à courbure totale constante et sur la déformation des quadriques. Voici le résultat auquel je suis arrivé.

Je désigne par $x_1, x_2, \ldots, x_{2k+1}$ des fonctions de u qui représentent les paramètres des tangentes à une courbe k fois isotrope; par $x'_1, x'_2, \ldots, x'_{2k+1}$ des fonctions analogues de la variable v. Je pose

$$\eta_i = \mathrm{P}x_i + \mathrm{P}_1\frac{dx_i}{du} + \mathrm{P}_2\frac{d^2x_i}{du^2} + \ldots + \mathrm{P}_k\frac{d^kx_i}{du^k},$$

$$\eta'_i = \mathrm{Q}x'_i + \mathrm{Q}_1\frac{dx'_i}{dv} + \mathrm{Q}_2\frac{d^2x'_i}{dv^2} + \ldots + \mathrm{Q}_k\frac{d^kx'_i}{dv^k}$$

$$(i = 1, 2, \ldots, 2k+1),$$

et j'écris les équations

$$(1) \qquad \eta_i + \sqrt{-1}\,\eta'_i = 0,$$

qui déterminent les fonctions P et Q à un facteur près. Dans ces conditions

si z est une fonction quelconque de u, z' une fonction quelconque de v, les expressions

$$\chi = \mathrm{P}z + \mathrm{P}_1 \frac{dz}{du} + \ldots + \mathrm{P}_k \frac{d^k z}{du^k},$$
$$\chi' = \mathrm{Q}z' + \mathrm{Q}_1 \frac{dz'}{du} + \ldots + \mathrm{Q}_k \frac{d^k z'}{dv^k}$$

satisfont à une même équation à invariants égaux (Darboux, *Leçons*, 2e partie, p. 154).

Cela posé, le problème proposé comporte deux séries de solutions. Dans la première série, la solution générale ne renferme que des constantes arbitraires; dans la deuxième série, la solution renferme une fonction arbitraire de u ou de v.

Première série. — Je désigne par $z_1, z_2, \ldots, z_{2k+3}$ des fonctions de u qui représentent les paramètres d'une courbe $k+1$ fois isotrope; par z'_1, $z'_2, \ldots, z'_{2k+3}$ des fonctions analogues de la variable v. Je pose

$$(2)\quad \begin{cases} \zeta_i = \mathrm{P}z_i + \mathrm{P}_1 \dfrac{dz_i}{du} + \ldots + \mathrm{P}_k \dfrac{d^k z_i}{du^k}, \\ \zeta'_i = \mathrm{Q}z'_i + \mathrm{Q}_1 \dfrac{dz'_i}{dv} + \ldots + \mathrm{Q}_k \dfrac{d^k z'_i}{dv^k} \\ \quad (i = 1, 2, \ldots, 2k+3). \end{cases}$$

Les fonctions ζ_i et ζ'_i satisfont à une équation à invariants égaux et l'on a

$$\Sigma\zeta_i^2 + \Sigma\zeta_i'^2 = 0.$$

Je fais une substitution orthogonale à coefficients constants sur les ξ_i et ζ'_i, ce qui les transforme dans les fonctions $\chi_1, \chi_2, \ldots, \chi_{4k+6}$. Je suppose que les fonctions z et z' soient telles que les équations

$$(3)\quad \chi_1 + i\chi_2 = 0, \qquad \chi_3 + i\chi_4 = 0, \qquad \ldots, \qquad \chi_{4k-1} + i\chi_{4k} = 0, \qquad \chi_{4k+1} = 0$$

soient équivalentes, aux équations (1). Si je pose

$$(4)\quad \theta_1 = \chi_{4k+2}, \qquad \theta_2 = \chi_{4k+3}, \qquad \theta_3 = \chi_{4k+4}, \qquad \theta_4 = \chi_{4k+5}, \qquad \theta_5 = \chi_{4k+6}.$$

Les fonctions θ ainsi définies forment une solution du problème posé. En écrivant que les équations (3), considérées comme fonctions linéaires des quantités P et Q, forment un système équivalent au système (1), on aura des relations linéaires entre les x_i et les z_i d'une part, puis entre les x_i et

les z'_i d'autre part; ce qui permet de former les équations auxquelles doivent satisfaire les fonctions z d'une part, puis les fonctions z' d'autre part.

En général, après avoir effectué au préalable une substitution orthogonale sur les z, puis une autre sur les z', on pourra ramener les équations (3) à la forme suivante :

$$(5)\qquad \begin{cases} \zeta_1 + i\zeta'_1 = 0, \quad \ldots, \quad \zeta_{2k} + i\zeta'_{2k} = 0, \\ \cos\omega\,\zeta_{2k+1} + \sin\omega\,\zeta'_{2k+1} = 0. \end{cases}$$

On aura alors

$$(6)\qquad \begin{cases} \theta_1 = -\sin\omega\,\zeta_{2k+1} + \cos\omega\,\zeta'_{2k+1} = -\dfrac{1}{\sin\omega}\zeta_{2k+1} = \dfrac{1}{\cos\omega}\zeta'_{2k+1}, \\ \theta_2 = \zeta_{2k+2}, \quad \theta_3 = \zeta_{2k+3}, \quad \theta_4 = \zeta'_{2k+2}, \quad \theta_5 = \zeta'_{2k+3}. \end{cases}$$

En écrivant que les équations (1) et (5) sont équivalentes, on trouve

$$(7)\qquad \begin{cases} x_1 = \omega_1 z_1, \quad x_2 = \omega_1 z_1, \quad \ldots, \quad x_{2k} = \omega_{2k} z_{2k}, \quad x_{2k+1} = \mu \cos\omega\, z_{2k+1}, \\ x'_1 = \omega_1 z'_1, \quad \ldots \quad x'_{2k} = \omega_{2k} z'_{2k}, \quad x' = \mu i \sin\omega\, z'_{2k+1}. \end{cases}$$

Si donc on introduit les deux formes quadratiques

$$\varphi(z) = z_1^2 + z_2^2 + \ldots + z_{2k+3}^2,$$
$$\psi(z) = \omega_1^2 z_1^2 + \omega_2^2 z_2^2 + \ldots + \mu^2\cos^2\omega\, z_{2k+1}^2,$$

on voit que les fonctions z satisfont aux équations

$$(8)\qquad \varphi(z) = 0, \quad \varphi\left(\frac{dz}{du}\right) = 0, \quad \ldots, \quad \varphi\left(\frac{d^k z}{du^k}\right) = 0,$$

$$(9)\qquad \psi(z) = 0, \quad \psi\left(\frac{dz}{du}\right) = 0, \quad \ldots, \quad \psi\left(\frac{d^{k-1} z}{du^{k-1}}\right) = 0.$$

On aura des équations de même forme pour les z'.

On est donc ramené au même problème que dans la recherche des surfaces à courbure totale constante pour lesquelles l'équation du réseau des lignes de courbure est intégrable.

Deuxième série. — On la forme comme la précédente en augmentant d'une unité le nombre des fonctions z. On aura ici

$$\zeta_i = P z_i + P_1 \frac{dz_i}{du} + \ldots + P_k \frac{d^k z_i}{du} \qquad (i = 1, 2, \ldots, 2k+4),$$

$$\zeta'_i = Q z'_i + Q_1 \frac{dz'_i}{dv} + \ldots + Q_k \frac{d^k z'_i}{dv^k} \qquad (i = 1, 2, \ldots, 2k+3).$$

Si l'on se place dans le cas général, les relations (5) seront remplacées par les suivantes :

(10) $$\zeta_1 + i\zeta'_1 = 0, \quad \zeta_2 + i\zeta'_2 = 0, \quad \zeta_{2k+1} + i\zeta'_{2k+1} = 0$$

et l'on aura

(11) $$\theta_1 = \zeta_{2k+2}, \quad \theta_2 = \zeta_{2k+4}, \quad \theta_3 = \zeta_{2k+5}, \quad \theta_4 = \zeta'_{2k+2}, \quad \theta_5 = \zeta'_{2k+3}.$$

On devra avoir

(12) $$\begin{cases} x_1 = \omega_1 z_1, & x_2 = \omega_2 z_2, & \ldots, & x_{2k+1} = \omega_{2k+1} z_{2k+1}, \\ x'_1 = \omega_1 z'_1, & x'_2 = \omega_2 z'_2, & \ldots, & x'_{2k+1} = \omega_{2k+1} z'_{2k+1}. \end{cases}$$

Les fonctions z' possèdent les mêmes propriétés que dans le cas précédent. Au contraire, pour les fonctions z, il faut augmenter d'une unité le nombre des variables de la fonction φ. C'est pour cela que la solution dépend d'une fonction arbitraire de la variable u.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur les tensions de vapeur saturée et les chaleurs de vaporisation de l'acétate de propyle à diverses températures.* Note [1] de M. E. **Ariès**.

L'exposant n, qui figure dans l'équation d'état des fluides, ayant été déterminé pour quelques substances dans notre dernière Communication (séance du 12 mai 1919, p. 930) par une méthode qui ne laisse place à aucune incertitude, il était tout indiqué de procéder à une détermination aussi précise que possible de la fonction Γ qui permet de calculer, pour chacune de ces substances, la tension de la vapeur saturée par l'emploi de la formule

(1) $$\Pi = \tau^{n+2}\frac{Z}{x}, \qquad x = \tau^{n+1}\Gamma.$$

Les résultats assez satisfaisants obtenus dans nos recherches de première approximation, et parus dans les *Comptes rendus* au cours de l'année 1918, nous ont engagé à conserver à la fonction Γ la même forme générale et très simple

(2) $$\Gamma = 1 + \frac{(1-\tau)(\tau_0 - \tau)}{A + B\tau + C\tau^2},$$

(1) Séance du 10 juin 1919.

τ_0 étant la température réduite, facile à trouver quand elle existe, à laquelle cette fonction devient, une première fois, égale à l'unité, avant de prendre cette valeur à la température critique. Quand cette température n'existe pas, comme il arrive généralement, τ_0 devra être remplacé par l'unité pour les raisons indiquées dans notre précédente Note.

Le problème à résoudre consiste à trouver, pour chaque substance, les valeurs numériques des trois coefficients A, B, C de la formule (2), formule qu'on peut écrire comme il suit :

$$A + B\tau + C\tau^2 = \Theta, \tag{3}$$

en posant, pour abréger les écritures,

$$\Theta = \frac{(1-\tau)(\tau_0 - \tau)}{\Gamma - 1}. \tag{4}$$

A chaque température pour laquelle la tension de vapeur est connue, Γ prend une valeur également connue et définie par les formules (1); il en est de même pour la fonction Θ, définie par la formule (4).

Considérons trois de ces températures, τ_1, τ_2 et τ_3 convenablement espacées, et appelons Θ_1, Θ_2, Θ_3 les valeurs connues que prend respectivement à ces températures la fonction Θ; les valeurs des trois constantes A, B, C seront données par le système des trois équations du premier degré :

$$A + B\tau_1 + C\tau_1^2 = \Theta_1, \quad A + B\tau_2 + C\tau_2^2 = \Theta_2, \quad A + B\tau_3 + C\tau_3^2 = \Theta_3, \tag{5}$$

faciles à résoudre, surtout si les trois températures sont également espacées.

En désignant, dans ce dernier cas, par Δ la différence $\tau_2 - \tau_1 = \tau_3 - \tau_2$, on trouve, pour les valeurs des trois constantes,

$$\left\{\begin{aligned} A &= \frac{1}{2\Delta^2}(\Theta_1\tau_2\tau_3 - 2\Theta_2\tau_3\tau_1 + \Theta_3\tau_1\tau_2), \\ B &= \frac{1}{2\Delta^2}[-\Theta_1(\tau_2+\tau_3) + 2\Theta_2(\tau_3+\tau_1) - \Theta_3(\tau_1+\tau_2)], \\ C &= \frac{1}{2\Delta^2}(\Theta_1 - 2\Theta_2 + \Theta_3). \end{aligned}\right. \tag{6}$$

On voit, par ces explications, avec quelle simplicité quiconque peut rapidement déterminer la fonction Γ. Nous avons, nous-même, appliqué

ces principes à l'examen de l'acétate de propyle pour lequel $n = 1,22$ et $\tau_0 = 0,9523$ (250°C).

En adoptant, pour le calcul des coefficients A, B, C, les données expérimentales de M. S. Young aux températures centigrades de 40°, 110° et 180°, nous avons trouvé :

$$(7) \qquad A = 0,07705, \qquad B = 2,0541, \qquad C = -1,9532.$$

Ces valeurs des constantes n, τ_0, A, B, C, transportées dans les équations (1) et (2), permettent de calculer la tension de vaporisation de l'acétate de propyle à toute température. Les valeurs ainsi obtenues s'accordent, d'une façon presque parfaite, avec les valeurs observées sur toute l'étendue des températures étudiées par M. S. Young, comme on le voit par le Tableau ci-dessous. Le plus grand écart se présente à la température de 220° : il est de $4^{cm},1$, et n'atteint pas $\frac{1}{250}$ de la valeur observée, qui est de 1062^{cm}.

Acétate de propyle ($\mu = 102,08$; $n = 1,22$).

Température centigrade.	Tension de la vapeur saturée calculée.	observée.	Δ calc. — obs.	Chaleur de vaporisation calculée.	observée.	Δ calc. — obs.
°	cm	cm	cm			
0	0,7	0,7	0	"	"	"
20	2,5	2,5	0	"	"	"
40	7,1	7,1	0	"	"	"
60	17,3	17,2	0,1	"	"	"
80	37,2	37,3	−0,1	"	"	"
				Cal	Cal	Cal
90	52,4	52,5	−0,1	82,49	81,65	0,84
100	72,3	72,4	−0,1	80,45	79,80	0,65
110	97,6	97,6	0	78,45	78,23	0,22
120	129,4	129,3	0,1	76,65	76,33	0,32
140	216,7	217,1	−0,4	72,51	71,84	0,67
160	343,0	344,1	−1,1	68,12	67,66	0,46
180	518,9	518,9	0	63,31	62,80	0,51
200	755,5	754,3	1,2	57,81	57,23	0,58
220	1066,1	1062,0	4,1	51,43	50,78	0,65
240	1467,4	1467,5	−0,1	43,43	42,40	1,03
250	1709,4	1709,0	0,4	38,28	37,44	0,84
260	1984,8	1985,5	−0,7	31,54	30,70	0,84
270	2301,0	2298,0	3,0	20,67	20,57	0,10
273	2405,5	2406,0	−0,5	15,15	16,17	−1,02
276,2 (crit.)	2522,7	2522,7	0	0	"	"

La fonction Γ et les trois constantes P_c, T_c, n, qui sont les seules données nécessaires à la détermination de la tension de vapeur d'une substance, sont aussi les seules nécessaires à la détermination de la chaleur de vaporisation L de cette substance, à toute température. Le calcul se fait par la formule démontrée dans l'une de nos récentes Communications (*Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 206) :

$$\text{(8)} \qquad \frac{L}{RT} = (y_1 - y_2)\left[\frac{2+n}{8}Z + \frac{n+1+\tau\frac{\partial}{\partial\tau}\log\Gamma}{y_1 y_2}\right],$$

$\tau\frac{\partial}{\partial\tau}\log\Gamma$ devra être remplacé par sa valeur, tirée de la formule (2), que l'on peut mettre sous la forme

$$\text{(9)} \qquad \tau\frac{\partial}{\partial\tau}\log\Gamma = \frac{A - C\tau^2}{A + B\tau + C\tau^2} - \frac{A - C\tau^2 + \tau_0 - \tau^2}{A + B\tau + C\tau^2 + (1-\tau)(\tau_0 - \tau)}.$$

Le calcul du second membre, pour chaque valeur de τ, est, en somme, assez simple; car tous les éléments qui y figurent ont dû être déjà calculés pour obtenir la valeur de Γ.

De la chaleur moléculaire L, exprimée en calories, que donne la formule (8) (dans laquelle $R = 1,985$), on déduit la chaleur de vaporisation par gramme, dont les valeurs, relatives à l'acétate de propyle, sont aussi consignées dans le présent Tableau pour 14 températures échelonnées depuis 90° jusqu'au voisinage de l'état critique. En regard de ces valeurs sont portées celles que donne M. S. Young comme découlant de ses recherches. La différence entre les valeurs calculées et les valeurs observées n'atteint une calorie qu'aux températures de 240° et de 270°; encore, faut-il remarquer que, dans le dernier cas, le corps n'est qu'à 3°,2 seulement de la température critique, alors que sa chaleur de vaporisation, voisine de 15^{Cal} à 16^{Cal}, doit varier avec une extrême rapidité pour s'annuler au point critique, ce qui doit singulièrement favoriser les erreurs d'observation.

Enfin, avec les mêmes données, se calcule la différence $v_1 - v_2$ dont les valeurs ont été déjà indiquées, pour l'acétate de propyle, dans notre dernière Communication.

En résumé, on voit, par cet exemple, que les trois constantes T_c, P_c, n et la fonction Γ sont les seuls éléments nécessaires pour calculer très simplement à toute température, grâce à la Table de Clausius, et moyennant trois formules tirées de l'équation d'état, la tension de vapeur saturée, la

chaleur de vaporisation et la différence entre les volumes moléculaires du corps dans ses deux états de saturation. Les résultats obtenus avec l'acétate de propyle montrent, par leur précision, la confiance que méritent à la fois les formules employées et les données expérimentales de M. S. Young.

M. E. Bertin fait hommage d'un article intitulé : *La guerre navale en* 1918.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Physique générale, en remplacement de M. *Georges Gouy*, élu Membre non résidant.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 48,

M. E. Mathias	obtient	41	suffrages
M. Pierre Weiss	»	5	»
M. Henri Bénard	»	2	»

M. E. Mathias, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

CORRESPONDANCE.

M. Lyon-Caen, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences morales et politiques, sollicite le don, à la Bibliothèque du Lycée de Strasbourg, des publications des Membres de l'Académie.

Les Ouvrages remis au Secrétariat de l'Institut avant le 25 juillet seront transmis directement par les soins de l'Académie.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Alfred Vialay, *Essai sur la genèse et l'évolution des roches.* (Présenté par M. G. Lemoine.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries trigonométriques.* Note de M. **Erwand Kogbetliantz**, présentée par M. Appell.

Il est bien connu que la convergence en un point $\theta = \theta_0$ du développement trigonométrique d'une fonction $f(\theta)$, sommable dans $(0, 2\pi)$, ne dépend que de la conduite de $f(\theta)$ au voisinage du point θ_0, mais l'influence des points singuliers, étant trop faible pour détruire la convergence en d'autres points de l'intervalle $(0, 2\pi)$, peut néanmoins déterminer le mode de la convergence : en changeant, par exemple, l'ordre de l'infinitude de $f(\theta)$ en un point $\theta = \xi$ de l'intervalle $(0, 2\pi)$, on fait converger plus ou moins fort son développement trigonométrique en un point quelconque de cet intervalle.

On peut comparer les modes de la convergence de deux séries convergentes, en les sommant par la méthode des moyennes arithmétiques d'ordre négatif $\delta > -1$, et nous arrivons ainsi au problème de sommation $(C, \delta < 0)$ des séries trigonométriques.

Dans cette Note, nous étudions le lien qui existe entre l'ordre α d'infinitude de $f(\theta)$ en un point $\theta = \xi$ $(0 < \xi < 2\pi,\ \alpha < 1)$ et l'index δ de sommabilité $(C, \delta < 0)$ de son développement trigonométrique en un point quelconque de l'intervalle $(0, 2\pi)$. Si $f(\theta)$ est à variation bornée dans $(0, \xi - \varepsilon)$ et $(\xi + \varepsilon, 2\pi)$ et de la forme $f(\theta) = A|\theta - \xi|^{-\alpha} + \varphi(\theta)$ pour $|\theta - \xi| \leqq \varepsilon$, $\varphi(\theta)$ étant à variation bornée dans $(\xi - \varepsilon, \xi + \varepsilon)$, on a le théorème : *La série trigonométrique de $f(\theta)$, convergente partout dans $(0, 2\pi)$, sauf le point $\theta = \xi$, n'est nulle part sommable $(C, \delta \leqq \alpha - 1)$; elle l'est $(C, \delta > \alpha - 1)$ et elle a pour somme $\frac{1}{2}\{f(\theta - 0) + f(\theta + 0)\}$ partout sauf le point $\theta = \xi$.*

Les moyennes d'ordre $\delta < \alpha - 1$ oscillent entre $+\infty$ et $-\infty$, mais les bornes d'oscillation des moyennes d'ordre $\delta = \alpha - 1$ sont finies.

On démontre le théorème, en s'appuyant sur les propriétés suivantes de la série trigonométrique $\frac{\theta}{2} + \sum \frac{\sin n\theta}{n}$, dont nous désignons la moyenne arithmétique d'ordre $\delta > -1$ par $S_n^{(\delta)}(\theta)$:

I. Quel que soit $\delta > -1$, on a $\lim\limits_{n=\infty} S_n^{(\delta)}(\theta) = \frac{\pi}{2}$ pour $0 < \theta < 2\pi$, la sommabilité $(C, \delta > -1)$ étant uniforme dans $(\varepsilon, 2\pi - \varepsilon)$.

II. $|S_n^{(\delta)}(\theta)| < k_1$ pour δ fixe; la constante k_1 ne dépend pas de θ, n et tend vers l'infini quand $\delta \to (-1)$.

La moyenne $s_n^{(\delta)}(\theta)$ de la série $\frac{1}{2} + \Sigma G_n \theta$ n'est que la dérivée de $S_n^{\delta}(\theta)$ et, en désignant par $f_n^{(\delta)}(\theta)$ la moyenne du développement trigonométrique de $f(\theta)$, nous avons

$$\pi f_n^{(\delta)}(\theta) = \int_0^{2\pi} f(u)\, s_n^{(\delta)}(\theta - u)\, du = \int_{\theta-\varepsilon}^{\theta+\varepsilon} + \int_{\xi-\varepsilon}^{\xi+\varepsilon} + \int_{(i)} = \mathfrak{I}'_n + \mathfrak{I}''_n + \mathfrak{I}'''_n.$$

En appliquant aux intégrales $\mathfrak{I}'_n$ et $\mathfrak{I}'''_n$ le second théorème de la moyenne, nous avons, grâce à I et II pour chaque $\delta > -1$,

$$\lim_{n=\infty} \mathfrak{I}'_n = \frac{\pi}{2}[f(\theta - 0) + f(\theta + 0)] \quad \text{et} \quad \lim_{n=\infty} \mathfrak{I}'''_n = 0.$$

De même, en utilisant la formule approximative pour $S_n^{(\delta)}(\theta)$,

$$S_n^{(\delta)}(\theta) = \frac{\Gamma(n+1)\Gamma(\delta+1)}{\Gamma(n+\delta+1)} \frac{\cos\left[\left(n + \frac{1+\delta}{2}\right)\theta - \frac{1+\delta}{2}\pi\right]}{\left(2 \sin \frac{\theta}{2}\right)^{1+\delta}} + r_n^{(\delta)}(\theta)$$

$$(1 > \delta > -1),$$

où

$$|r_n^{(\delta)}(\theta)| = \frac{\Gamma(n+1)}{\Gamma(-\delta)\Gamma(n+\delta+1)} \int_0^1 \frac{(1+t)\, t^{n+\delta}\, dt}{(1-t)^{\delta}(1 - 2t\cos\theta + t^2)} < \frac{k_2}{(n+1)\sin^2 \frac{\theta}{2}},$$

on parvient à la conclusion

$$\mathfrak{I}''_n = \cos\omega_n\, O\left[n^{\alpha-1-\delta} \int_0^{\infty} \frac{\cos t\, dt}{t^{\alpha}}\right] + \sin\omega_n\, O\left[n^{\alpha-1-\delta} \int_0^{\infty} \frac{\sin t\, dt}{t^{\alpha}}\right] + O(1),$$

où

$$2\omega_n = (2n + 1 + \delta)(\theta - \xi) - (1 + \delta)\pi.$$

Donc, pour $\delta < \alpha - 1$, $\mathfrak{I}''_n$ oscille entre $-\infty$ et $+\infty$; pour $\delta = \alpha - 1$, ses bornes deviennent finies et, pour $\delta > \alpha - 1$, $\lim_{n=\infty} \mathfrak{I}''_n = 0$. Q. E. D.

Notre théorème s'accorde très bien avec le fait connu, que les coefficients de Fourier de $f(\theta)$ sont de la forme $O(n^{\alpha-1})$. Vu que la convergence n'est que la sommabilité (C, $\delta = 0$), il est démontré qu'on ne peut pas baisser l'index $\delta = 0$ dans le théorème classique de Riemann, mentionné au début de cette Note.

PHYSIQUE. — *Sur les phénomènes de luminescence accompagnant l'oxydation du potassium ou du sodium.* Note de M. G. **Reboul**, présentée par M. Lippmann.

On sait depuis fort longtemps (Davy) que le potassium ou le sodium fraîchement coupés produisent à l'obscurité une luminescence, rougeâtre pour le premier, verdâtre avec le second. Cette luminescence est plus vive quand le métal est dans le voisinage de l'eau; à l'air, elle disparaît peu à peu, mais reparaît si l'on chauffe. Aucune étude spéciale ne paraissant avoir été faite de cette question (intéressante à d'autres points de vue), je me suis proposé de préciser les conditions physiques et chimiques de production du phénomène.

L'étude de cette luminescence assez faible exige un repos préalable de l'œil : on ne la perçoit nettement qu'après un séjour d'une quinzaine de minutes à l'obscurité. Il est d'ailleurs parfois avantageux de remplacer l'œil par une plaque photographique : des plaques (Lumière sigma) sont impressionnées au bout de deux ou trois minutes; l'impression est très nette après une dizaine de minutes d'exposition et suffit alors pour une étude du phénomène.

I. Au premier abord, on est frappé de l'importance du rôle joué par les parties superficielles du métal : du potassium ou du sodium fraîchement coupés sont nettement luminescents, puis la luminescence s'estompe et disparaît peu à peu, le grattage de la surface la fait réapparaître; aussi est-il commode d'employer pour cette étude l'alliage K — Na liquide dont l'état permet un renouvellement automatique de la surface. Quand on fait écouler goutte à goutte cet alliage liquide dans *une atmosphère humide*, chaque goutte qui se forme devient lumineuse : à la surface de la goutte se produit une pellicule blanche d'hydroxyde, qui se déchire quand la goutte grossit. Si l'on met quelques gouttes de l'alliage sur une lame de mica et si l'on agite, au bout de quelques instants la luminescence devient très vive, mais il se produit en même temps une rupture des parties superficielles, et de petites étincelles sont projetées parfois à plusieurs centimètres de la surface; quand on avive l'oxydation par une bouffée d'air humide, la luminescence devient plus brillante en même temps que le nombre des projectiles lumineux devient plus grand. Il suffit, d'ailleurs, d'approcher l'oreille pour entendre un crépitement indiquant bien qu'il y a rupture de surface.

L'aspect de ces phénomènes amènerait donc, à première vue, à les rattacher à la triboluminescence.

C'est également à cette conclusion que conduirait l'expérience suivante : on prend un flacon contenant du potassium ou du sodium, ou encore de l'alliage K — Na, recouverts d'huile de naphte, on l'agite; à l'obscurité, on aperçoit une luminescence très nette du contenu du flacon.

II. Mais si la luminescence est inséparable d'une rupture de surface, comme d'une élévation de température d'ailleurs, celles-ci ne suffisent point pour produire l'émission lumineuse. De la potasse ou de la soude ne produisent aucune lumière quand on les écrase au mortier. Les sous-oxydes de potassium (?) ou de sodium, préparés par action de ces métaux ou de leur alliage sur l'air sec ou partiellement desséché, ne produisent par rupture aucune luminescence, quoique l'on ait parfois inflammation.

L'introduction d'humidité, en présence de ces composés, provoque, au contraire, le phénomène de luminescence en même temps qu'il se forme une couche blanche de potasse ou de soude. C'est donc la réaction chimique et la formation d'hydroxyde qui jouent le rôle essentiel.

III. Dans quelles conditions chimiques cette luminescence est-elle la plus vive? Quand on oxyde l'alliage liquide dans l'air sec ou fortement desséché, il se forme, sans qu'il y ait luminescence, un corps noir ou bleuâtre, mélange d'oxydes complexes; l'action de l'air humide sur ce corps produit une luminescence particulièrement vive, en même temps qu'il se forme KOH ou NaOH. De même, quand on écrase à l'air humide quelques gouttes d'alliage, au bout d'un certain temps, l'écrasement produit par places un corps noir ou bleuâtre qu'une bouffée d'air humide transforme rapidement en hydroxydes en produisant une luminescence très vive. C'est donc pendant l'hydratation de ces composés (sous-oxydes ou peroxydes), assez mal définis de l'avis même des chimistes, que la luminescence est la plus intense. Cette transformation est parfois accompagnée d'inflammation.

Si, dans le mécanisme de production de cette luminescence, on fait jouer un rôle à ces oxydes complexes, dont la formation est particulièrement nette quand la surface métallique est fraîche et quand on chauffe légèrement, il devient facile d'expliquer comment une rupture superficielle ou une augmentation de température peuvent faire réapparaître ou rendre plus vive la luminescence d'une surface fatiguée.

PHYSIQUE. — *Sur l'entretien des oscillations mécaniques au moyen des lampes à trois électrodes.* Note de MM. **Henri Abraham** et **Eugène Bloch**, présentée par M. J. Violle.

1. On sait que les lampes à trois électrodes (audions) possèdent, entre autres propriétés intéressantes, celle de permettre d'introduire dans un circuit électrique une *résistance négative*. Si, par exemple, les bornes de la self d'un circuit oscillant sont reliées au filament et à la grille d'une lampe, en intercalant sur le circuit de plaque une self couplée avec la première, on pourra réagir sur le circuit oscillant de manière à accroître les oscillations. Si le couplage est suffisant, il peut s'amorcer des oscillations entretenues : c'est le montage des oscillateurs à lampes. Tout se passe donc comme si la résistance du circuit oscillant avait diminué, ou encore comme si la lampe avait ajouté une *résistance négative* à celle qui préexiste dans le circuit, et les oscillations entretenues s'amorcent spontanément quand la résistance *totale* est négative.

Si le sens des connexions de la bobine de couplage était inversé, la résistance fictive introduite dans le circuit deviendrait positive, et les oscillations propres seraient au contraire gênées ou plus rapidement amorties.

2. On peut utiliser ce principe pour l'entretien de vibrations ou d'oscillations mécaniques *de toutes fréquences* (1), puisque la lampe est, par elle-même, un relais apériodique à fonctionnement instantané.

Si, par exemple, on veut entretenir les oscillations d'un *pendule*, on pourra munir ce pendule d'un aimant en fer à cheval, dont les deux branches s'engagent dans deux bobines de fil de cuivre portant un grand nombre de tours. L'une d'elles est intercalée sur le circuit de grille d'une lampe, l'autre sur le circuit de plaque. Si le sens des connexions est convenable, les oscillations s'entretiennent, sinon elles s'amortissent plus vite que s'il n'y avait pas de lampe.

On peut accroître les effets observés en employant, au lieu d'une seule lampe, soit un groupe de plusieurs lampes en parallèle, soit un amplificateur à plusieurs étages de lampes. On peut alors faire osciller le pendule à partir

---

(1) Ou même pour l'entretien d'un mouvement continu de rotation, comme l'ont montré récemment Eccles et Jordan (*Société de Physique de Londres*, février 1919).

du repos : la position d'équilibre est instable. Le bon fonctionnement de l'amplificateur n'est évidemment assuré que si cet appareil est capable d'amplifier des courants alternatifs à fréquence extrêmement basse, égale à celle des oscillations propres du pendule. Il faut donc utiliser un amplificateur spécial à très grande constante de temps ([1]).

Le mécanisme des phénomènes est très simple. Le mouvement du pendule produit, par induction dans la première bobine, une force électromotrice proportionnelle à la vitesse. Cette force électromotrice agissant sur la grille de la première lampe, il en résulte dans le circuit de la dernière plaque des variations de courant qui, en première approximation, sont elles aussi proportionnelles à la vitesse du pendule, et ce sont ces courants mêmes qui produisent sur l'aimant mobile la force motrice d'entretien. Le pendule est donc soumis à une force *proportionnelle à la vitesse*, qui se retranche des forces de frottement, et l'entretien du mouvement est assuré quand les forces ainsi créées l'emportent sur les frottements.

3. Un procédé analogue peut être utilisé pour l'entretien électrique d'un *diapason*. Nous avons réalisé l'expérience avec un diapason à 1000 périodes, dont l'entretien électrique serait difficile à obtenir par les procédés habituels. Deux électro-aimants de téléphone, munis de bobines de grande résistance, sont installés de part et d'autre des deux branches du diapason. Les bobines du premier sont reliées aux bornes d'entrée d'un amplificateur à trois lampes pour fréquences musicales. Les bobines du second sont reliées aux bornes de sortie. Les vibrations du diapason s'amorcent et s'entretiennent spontanément. Si l'on renverse le sens des connexions de l'un des téléphones, l'entretien ne se fait pas, et l'amortissement des vibrations du diapason est au contraire accru. Ici encore, tout se passe comme si l'effet des lampes était de créer dans le système vibrant une force additionnelle analogue à un frottement, mais dont on peut changer à volonté le signe en changeant le sens des connexions.

([1]) Nous avons construit divers types d'amplificateurs de ce genre pour la Radiotélégraphie militaire (1916).

PHYSIQUE. — *Sur un manomètre en verre, à parois élastiques.* Note de MM. **Georges Baume** et **Marius Robert**, présentée par M. Rateau.

I. Pour mesurer la pression des fluides attaquant le mercure, on fait couramment usage de manomètres à parois minces en verre, en silice ou en métal inaltérable, fonctionnant selon le principe de Bourdon (Ladenburg, Johnson, Dunoyer, Bodenstein, Scheffer et Treub, Pellaton, etc.), et généralement employés comme appareils de zéro.

Sur la base des expériences de Ramsay et Young (¹), nous avons mis au point, au cours de nos recherches sur les oxydes supérieurs de l'azote, un manomètre fondé sur les variations de volume, sous l'action d'une pression extérieure, d'un réservoir aplati en verre mince A (volume optimum : 6^{cm^3} environ), rempli de mercure et entouré d'une enveloppe B, où règne la pression à déterminer (*fig.* 1). Les variations de volume de A sont mesurées par le déplacement de la surface libre du mercure dans le tube capillaire D (diamètre optimum : $0^{mm},4$ environ), soudé au réservoir A.

Cet appareil présente une sensibilité comparable à celle d'un manomètre à mercure, dans des limites de pressions très étendues :

1° S'il est utilisé comme appareil de zéro (*fig.* 2), de manière à donner une très faible épaisseur aux parois de A ($0^{mm},3$ à $0^{mm},4$);

2° S'il est soustrait aux variations de température par immersion dans un thermostat T convenablement réglé, dont il prend rapidement la température par l'intermédiaire de C.

II. Les déformations d'un tel appareil, placé *verticalement*, sont, à température constante et pour de petites variations de pression, proportionnelles à ces dernières. Soient h_0 la distance du ménisque de mercure au centre du réservoir A, à la pression p_0, et h cette distance, lorsque la pression en B passe de p_0 à p. Il vient, a étant une constante de l'appareil :

$$h - h_0 = a(p - p_0 - h); \qquad \text{d'où} \qquad h - h_0 = \frac{a}{1+a}(p - p_0) = S(p - p_0),$$

S étant la sensibilité de l'appareil *vertical*. Si l'appareil fait un angle u avec

(¹) *Phil. Trans.*, t. 175, 1884, p. 37, et t. 177, 1886, p. 71.

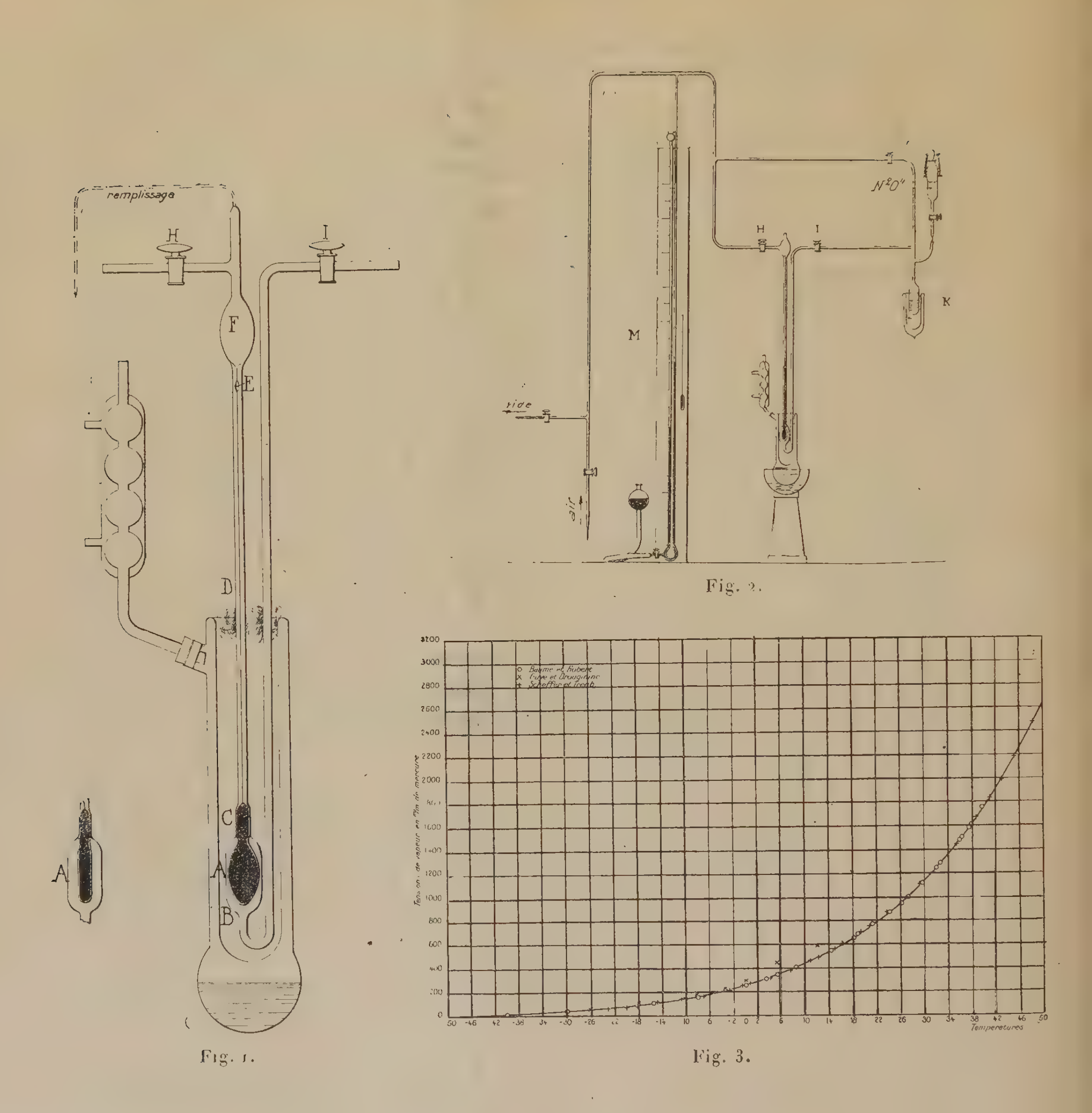


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

l'horizontale, la relation précédente devient :

$$h = \frac{h_0 + a(p - p_0)}{1 + a \sin u}.$$

Cette expression permet de calculer a et, par suite, S : soient, en effet, h_0 et h'_0 les valeurs de h, à la pression p_0, lorsqu'on place le réservoir A horizontalement ($\sin u = 0$), puis verticalement ($\sin u = 1$) :

$$h'_0 = \frac{h_0}{1 + a}; \qquad \text{d'où} \qquad a = \frac{h'_0 - h_0}{h_0}.$$

On peut donc déterminer, avant tout montage, la sensibilité d'un réservoir donné; nous avons trouvé, pour l'appareil employé dans la présente étude :

$$h_0 = 193^{mm}, \qquad h'_0 = 305^{mm}, \qquad a = 0,580, \qquad \text{d'où} \qquad S_{calc.} = 0,368.$$

La moyenne de 35 déterminations directes, faites dans des conditions très diverses, nous a donné pour ce même appareil :

$$S_{expér.} = 0,369.$$

III. Nous avons déterminé les conditions de fonctionnement de notre manomètre, en mesurant avec lui les tensions de vapeur du peroxyde d'azote à différentes températures [1].

Nos résultats, obtenus avec du peroxyde pur préparé par synthèse directe à partir de $2NO + O^2$, sont groupés dans le Tableau suivant (dans chaque expérience, la température constante a été obtenue à l'aide d'un bain thermostatique convenablement choisi) :

°	mm	°	mm	°	mm
−15,4.....	116,6	+18,2.....	660,5	+29,8.....	1109,7
− 8.......	171,9	+18,8.....	678,6	+32,2.....	1238,0
0.......	266,0	+21,3.....	763,7	+32,9.....	1283,0
+ 5,3.....	347,1	+21,6.....	769,5	+36,2.....	1482,3
+ 8,4.....	408,3	+24,5.....	876,6	+36,5.....	1502,0
+14,2.....	546,4	+26,2.....	944,1	+37,8.....	1593,0
+18,2.....	658,9	+27,5.....	1000,7	+38,1.....	1613,0

Ces résultats concordent d'une manière très satisfaisante avec les déterminations antérieures (*fig.* 3) [1].

[1] GUYE et DROUGININE (*Journ. Ch. Phys.*, t. 8, 1910, p. 473). — WOURTZEL (*Ibid.*, t. 11, 1913, p. 220). — SCHEFFER et TREUB (*Proc. Ak. Amsterdam*, t. 14, 1912, p. 536, et t. 15, p. 166). Le peroxyde que nous avons employé, parfaitement blanc à l'état solide, fondait à $-11°,55$.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur quelques propriétés des phosphates acides.* Note de M. **A. Joannis**, présentée par M. Le Chatelier.

On sait, depuis les travaux de Berthelot et depuis ses déterminations calorimétriques, que les trois fonctions acides de l'acide phosphorique n'ont pas la même valeur; en particulier, les nombres obtenus avec la baryte ($15^c,0 \times 2$ pour la première molécule; $10^c,4 \times 2$ pour la seconde et $5^c,0 \times 2$ pour la troisième) montrent bien qu'il est une fois acide fort, une fois acide faible et une fois acide très faible, cette dernière fonction acide étant comparable en quelque sorte avec l'action des phénols sur les bases.

Les expériences qui font l'objet de cette Note confirment cette façon de voir, d'une façon peut-être plus frappante encore, et dans des conditions différentes, c'est-à-dire en l'absence de l'eau.

J'ai étudié l'action de l'ammoniac gazeux ou liquéfié, mais non en solution, sur quelques phosphates acides anhydres.

Le phosphate bisodique anhydre PO^4Na^2H n'absorbe pas le gaz ammoniac : un excès d'ammoniac liquéfié (32^{mol} pour 1^{mol} de phosphate) a été laissé en contact pendant 7 jours, en tubes scellés, à la température ambiante, avec du phosphate bisodique. Après ce temps, on a refroidi le tube pour pouvoir l'ouvrir et l'on a laissé échapper tout l'ammoniac pouvant se dégager à 0° sous la pression atmosphérique; on n'a trouvé qu'une augmentation de poids insignifiante, 2^{mg} tandis que la fixation de 1^{mol} d'ammoniac aurait exigé 117^{mg} pour la quantité de nature qui était en expériences.

J'ai étudié ensuite l'action de l'ammoniac sur deux phosphates monométalliques, celui de potassium et celui d'ammonium.

Le phosphate monopotassique PO^4KH^2 n'absorbe pas non plus le gaz ammoniac, malgré les deux fonctions acides qu'il possède encore : $4^g,5$ d'ammoniac liquéfié ont été laissés en contact pendant une semaine, en tubes scellés, à la température ambiante avec $5^g,9$ environ de phosphate monopotassique, ce qui fait près de 8^{mol} d'ammoniac pour 1^{mol} de phosphate; là encore, l'augmentation de poids due à l'absorption d'ammoniac a été insignifiante, 2^{mg} au lieu de 1100^{mg} environ qu'aurait exigé la fixation de 1^{mol} d'ammoniac.

Avec le phosphate monoammonique $PO^4H^2AzH^4$ le résultat a été différent : ce sel absorbe très lentement l'ammoniac. En une quinzaine de jours, avec le même dispositif expérimental, ce phosphate a absorbé à peu près

une demi-molécule d'ammoniac. Je continue l'expérience pour voir si l'absorption était terminée, ce qui donnerait un sel analogue au sesquiphosphate de sodium $(PO^4)^2Na^3H^3$ découvert par Filliol et Senderens, ou, si elle se poursuit jusqu'au phosphate bi- ou tri-ammonique.

Il semble, d'après ces deux expériences, que la fixation d'un métal énergique comme le potassium atténue le pouvoir de fixer l'ammoniac de la seconde fonction acide.

J'ai vérifié, par contre, que d'autres sels acides, n'appartenant pas à la série des phosphates, comme l'oxalate acide de potassium par exemple, deviennent neutres en fixant 1^{mol} d'ammoniac et en donnant, soit un mélange de deux oxalates neutres, soit un oxalate mixte de potassium et d'ammonium.

Un phosphate acide était particulièrement intéressant à étudier par ce procédé : c'était le phosphate de magnésium PO^4MgH. Mis en présence de AzH^3 liquéfié pendant trois jours, il n'a absorbé qu'une quantité insignifiante d'ammoniac (8^{mg} au lieu de 416^{mg}). Par conséquent, en l'absence de l'eau, on ne peut pas obtenir de phosphate ammoniaco-magnésien. On sait, d'ailleurs, que celui qui se forme en présence de l'eau, en combinaison avec 6^{mol} d'eau, ne peut pas être déshydraté sans perdre, en même temps, de l'ammoniac.

Après cette étude de l'action de l'ammoniac sur les phosphates acides, action qui est nulle, sauf pour le phosphate monoammonique, j'ai étudié l'action d'un réactif beaucoup plus énergique, le potassammonium, et j'ai constaté les résultats suivants : le phosphate monopotassique PO^4KH^2 n'est pas attaqué par le potassammonium même après 72 heures de contact.

Le phosphate monocalcique $(PO^4)^2CaH^4$, traité par le potassammonium, fixe 2 atomes de potassium, mais on ne peut pas en fixer davantage; si l'on met un excès de potassammonium, celui-ci se décompose lentement (en trois jours environ dans mes expériences) en donnant de l'hydrogène et de l'amidure de potassium.

Je n'ai pas pu voir encore si, dans cette action, le phosphate monocalcique donnait un phosphate double de calcium et de potassium possédant encore une fonction acide, ou s'il se transformait en un mélange de phosphates monoacides de calcium et de potassium.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du sulfate diméthylique sur les sulfates alcalins et alcalino-terreux.* Note [1] de MM. **J. Guyot** et **L.-J. Simon**, présentée par M. Ch. Moureu.

I. Lorsqu'on chauffe aux environs de 200° un mélange à peu près équimoléculaire de sulfate diméthylique et de sulfate de potassium au moyen d'un dispositif expérimental tel que le sulfate diméthylique ne s'échappe pas prématurément par suite de sa volatilité, les deux substances réagissent quantitativement comme le représente la formule

(1) $$SO^4(CH^3)^2 + SO^4M^2 = S^2O^7M^2 + CH^3.O.CH^3.$$

Le sulfate de sodium et le sulfate de lithium soumis à la même action du sulfate diméthylique se comportent de même; mais cette action est inégalement facile : il faut entendre par là qu'elle se manifeste à des températures différentes et qu'elle exige, pour être complète, une durée inégale. A 220°, la réaction ne fait que s'amorcer pour le sulfate de lithium, alors qu'elle est déjà à moitié terminée pour le sulfate de sodium et qu'elle est quasi complète pour le sulfate de potassium.

Quant au sulfate de baryum, il est pratiquement inerte vis-à-vis du sulfate diméthylique à 220°-240°.

II. Dans des expériences relatées antérieurement [2], nous avons observé que, soumis à l'action de la chaleur, les méthylsulfates de potassium et de sodium se décomposaient presque entièrement en oxyde de méthyle et pyrosulfate, tandis que les méthylsulfates de lithium et de baryum se décomposaient surtout en sulfate diméthylique et sulfate métallique comme l'exprime les formules

(2) $$2SO^2\begin{matrix}\diagup OCH^3 \\ \diagdown ONa\end{matrix} = S^2O^7Na^2 + CH^3.O.CH^3,$$

(3) $$2SO^2\begin{matrix}\diagup OCH^3 \\ \diagdown OLi\end{matrix} = SO^4Li^2 + SO^4(CH^3)^2.$$

Si nous rapprochons ces faits de ceux signalés plus haut, il est clair qu'ils ne peuvent être indépendants. Comment faut-il les enchaîner?

La première idée qui se présente à l'esprit, suggérée surtout par l'inertie

---

(1) Séance du 10 juin 1919.

(2) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1054-1056.

du sulfate de baryum, c'est de considérer comme réaction intermédiaire

$$SO^4Na^2 + SO^4(CH^3)^2 = 2SO^2 \begin{matrix} \diagup OCH^3 \\ \diagdown ONa \end{matrix}.$$

Il se produirait tout d'abord du méthylsulfate de sodium qui, ensuite, subirait la décomposition représentée par la formule (2).

Une première objection vient de la structure dissymétrique du produit formé; l'inverse se produit plus habituellement et, de fait, la réaction inverse a été observée à côté de la réaction (1) pour le méthylsulfate de sodium et même, à un degré moindre, pour le méthylsulfate de potassium. Enfin, l'action mutuelle du sulfate alcalin et du sulfate diméthylique est plus facile pour le cas du potassium que pour celui du sodium, alors que la décomposition complète du méthylsulfate de potassium est au contraire plus pénible que celle du sel de sodium.

La discussion du cas du lithium conduit à l'interprétation inverse.

A une température relativement peu élevée (175°-180°), avec un dispositif convenable, tel que les produits volatils formés s'échappent dès leur production, le méthylsulfate de lithium, *comme les méthylsulfates alcalino-terreux*, se scinde en sulfate de lithium et sulfate diméthylique. Le sulfate diméthylique bouillant à 188° va se condenser dans un récipient, échappant ainsi au contact prolongé du sulfate de lithium formé simultanément.

Mais à température plus élevée (250°-260°) et avec un dispositif assurant le contact prolongé du sulfate diméthylique et du sulfate de lithium, celui-ci, comme les sulfates alcalins, réagit sur le sulfate diméthylique en donnant du pyrosulfate de lithium et de l'oxyde de méthyle.

Cet examen conduirait donc à considérer dans l'ordre suivant les deux réactions consécutives :

(4) $$2SO^2 \begin{matrix} \diagup OCH^3 \\ \diagdown OM \end{matrix} = SO^4(CH^3)^2 + SO^4M^2,$$

(1) $$SO^4(CH^3)^2 + SO^4M^2 = S^2O^7M^2 + CH^3 - O - CH^3.$$

L'écart assez large des températures de réaction et, d'autre part, la disposition expérimentale ont permis de les saisir l'une après l'autre; mais, il est clair qu'avec une autre disposition, la décomposition primaire du méthylsulfate de lithium eût pu passer inaperçue et être entièrement masquée par la réaction mutuelle des deux sulfates qui lui succède à température plus élevée : ceci sera d'autant plus facile que cette température de réaction mutuelle des sulfates sera plus basse.

III. C'est sans doute ce qui se passe pour le méthylsulfate de potassium; lorsqu'on le chauffe de telle manière que le sulfate diméthylique dû à la réaction primaire soit maintenu au contact du sulfate de potassium, ce sulfate diméthylique disparaît presque entièrement; à peine observe-t-on quelques gouttes huileuses sur les parois de l'appareil.

Avec le sel de sodium, l'appareil étant au contraire disposé pour favoriser l'élimination rapide du sulfate diméthylique, celui-ci a pu être recueilli, caractérisé et pesé. A la vérité, la proportion de ce sulfate, formé selon la réaction (4) et qui échappe à la réaction (1), est faible (7 pour 100 environ). La cause en est dans le fait reconnu expérimentalement que, pour le cas du sodium, les deux réactions (1) et (2) se produisent à des températures très voisines.

IV. Au surplus, la réaction (1) peut être elle-même rattachée à des faits connus appartenant à un autre domaine.

L'anhydride sulfurique s'unit aux sulfates, et cela avec une énergie variable de l'un à l'autre; l'action est particulièrement vive avec le sulfate de potassium qui fournit ainsi, dès la température ordinaire, du pyrosulfate de potassium avec un dégagement de chaleur considérable ($37^{cal},9$). Pour le sodium l'action est moins vive et corrélativement le pyrosulfate de sodium moins stable. Pour les autres sulfates, il semble que la réaction soit moins vive encore (Schulze).

On sait d'autre part, depuis Regnaut, que l'anhydrique sulfurique s'unit à la température ordinaire à l'oxyde de méthyle pour donner le sulfate diméthylique. Il peut donc y avoir conflit entre le sulfate alcalin et l'oxyde de méthyle pour se disputer l'anhydride. L'effet de l'élévation de température serait donc de décider en faveur du sulfate cette combinaison avec l'anhydride, au moins pour les sulfates alcalins, et en particulier pour le sulfate de potassium.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Affaissement du nord du Delta égyptien, depuis l'Empire romain.* Note de M. **Ch. Audebeau Bey**.

Les hypogées du Kom-el-Chougafa, à Alexandrie, permettent, pensons-nous, de constater l'affaissement du grès dans lequel ils ont été creusés au IIe siècle de notre ère, très vraisemblablement. Leurs galeries inférieures, toutes garnies de *loculi* (niches sépulcrales), sont inondées pendant toute l'année par des eaux dues à la nappe souterraine naturelle du Nil.

Les diagrammes annuels des niveaux d'infiltration dans les hypogées ont, en effet, la même allure générale que ceux de la nappe souterraine naturelle dans les puits forés de la Haute et de la Basse-Égypte. Dans les deux cas, le niveau de la crue annuelle est d'autant plus haut que la crue du Nil a été plus forte et l'étiage est d'autant plus bas que celui du fleuve a été plus réduit et précédé d'une crue du Nil de plus faible amplitude.

L'amplitude de l'onde annuelle est beaucoup moins grande dans les hypogées que dans les puits de la Haute-Égypte, du sud et du centre du Delta, eu égard au voisinage de la Méditerranée, dans laquelle débouche la nappe souterraine.

Les phases d'étiage et de crue y sont, d'autre part, en retard de plusieurs mois par rapport aux phases correspondantes du fleuve.

Les graphiques comparés font ressortir clairement que le lac Maréotis, le grand canal Mahmoudieh, éloigné du Kom-el-Chougafa de 350^{m} environ, la mer, distante de $1^{km},500$, n'ont aucune action sur les niveaux des eaux d'infiltration de ces catacombes.

Il en est de même des pluies hivernales, toujours postérieures au début de l'ascension des eaux dans les hypogées. Tout au plus, ces eaux de pluies peuvent-elles contribuer à l'alimentation de ces infiltrations dans une certaine mesure, bien difficile à reconnaître à l'examen des diagrammes.

On ne saurait expliquer cet envahissement des eaux dans la nécropole romaine par l'exhaussement du plan d'eau souterrain de l'Égypte depuis le siècle des Antonins, exhaussement consécutif à l'élévation du sol de la vallée du Nil et du lit du fleuve par l'apport des limons. Ces dépôts nilotiques ont été, il est vrai, considérables depuis dix-sept siècles environ. Ils ont une épaisseur approximative de $1^{m},70$ à la pointe du Delta, c'est-à-dire aux environs du Caire. Mais la surélévation du niveau de la nappe souterraine, à Alexandrie, n'a pu être que très faible, vu le voisinage immédiat de la mer et la forme en éventail de la Basse-Égypte (*de l'ordre d'une dizaine de centimètres*).

Or, au moment des plus hautes crues dans les hypogées, la profondeur de l'eau est de $2^{m},73$ (profondeur minimum, certains points, présumés plus profonds, n'ayant pu être mesurés). Si les niveaux de la mer et du sol des galeries inférieures de ces hypogées étaient restés invariables, ces galeries auraient donc été immergées sous une profondeur d'eau d'environ $2^{m},63$, au moment de leur construction, à moins de supposer que le grès ne fût pas perméable à ce moment, ce qui est tout à fait invraisemblable.

Les savants de l'Expédition du général Bonaparte avaient conclu déjà à

un affaissement du nord de l'Égypte ou à un relèvement du niveau de la mer, bien que ce dernier leur parût moins vraisemblable.

Depuis l'Expédition française, bien des constatations ont été faites dans le même sens, notamment entre Alexandrie et l'antique Canope.

M. Victor Mosséri, ingénieur-agronome au Caire, a trouvé, au sud du lac Menzaleh, à $1^{m},40$ au-dessous du niveau de la mer, des plantes carbonisées. Les terres qui les contiennent, en culture autrefois, ont été recouvertes ensuite par les dépôts alluvionnaires. Tout porte à croire que ces terres se sont affaissées.

Il est bien difficile d'assigner une cause bien déterminée à toutes les constatations faites dans le nord de l'Égypte depuis l'expédition de 1798.

Faudrait-il les relier aux tremblements de terre fréquents dans l'est méditerranéen, au cours des siècles, et dont quelques-uns ont été d'une grande violence? Une tradition, transmise par l'historien Magrizi, se rapporte à l'envahissement du lac Menzaleh par les eaux de la mer et à l'engloutissement de villes importantes en l'an 251 de Dioclétien.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la structure des lames des molaires de l'*Elephas indicus *et sur l'origine différente des deux espèces d'éléphants vivants.* Note de M. **Sabba Stefanescu**.

D'après Georges Cuvier, la lame des molaires de l'éléphant des Indes « est formée de deux surfaces à peu près parallèles et simplement sillonnées sur leur longueur », mais d'après les recherches que je vais exposer, cette lame est formée d'une paire de deux tubercules congénères à sommets ramifiés et à surfaces pourvues de plis.

I. J'ai étudié spécialement les lames des molaires inférieures et, par la notation qui suit, je représente une lame de molaire inférieure de droite $(\mathrm{LM}\frac{}{i}d)$, ses deux tubercules congénères ou de premier ordre, dont l'un en crête interne $(T_{cr} = T_{Ii})$ et l'autre en trèfle externe $(T_{tr} = T_{Ie})$, et les tubercules de deuxième ordre de chacun de ceux-ci $(T_{IIe} = e, T_{IIi} = m)$:

$$\mathrm{LM}\frac{}{i}d \begin{cases} T_{cr} = T_{Ii} \begin{cases} T_{IIe} = \text{lobe externe } (e). \\ T_{IIi} = \text{lobe interne ou médian } (m). \end{cases} \\ T_{tr} = T_{Ie} \begin{cases} p, T_{IIi} = \text{lobe interne ou médian } (m) \\ \qquad \text{et lobe postérieur } (p). \\ T_{IIe} = \text{lobe externe } (e). \end{cases} \end{cases}$$

La majorité des lames ont leurs tubercules congénères normalement développés et fusionnés par leurs bords internes, mais quelquefois, vers les extrémités des vraies molaires, on trouve des lames anormales, formées de deux tubercules congénères, non fusionnés, ou d'un tubercule entier fusionné seulement avec le lobe médian de son congénère, ou d'un seul tubercule, l'autre ayant avorté (ces dernières sont les soi-disant *lames cunéiformes*).

II. Les ramifications des sommets des tubercules congénères sont respectivement parallèles, droites ou incurvées; celles d'un de ces tubercules sont symétriques avec celles de l'autre.

a. Le nombre des ramifications de chacun des tubercules congénères est variable; il peut être, par exemple, 2-2, 3-3, 4-4, ou inégal, par exemple, 3-2 ou 2-3, 4-3 ou 3-4, 5-3 ou 3-5. L'inégalité est produite très fréquemment par la ramification des lobes médians qui est plus abondante que celle des lobes externes.

b. Généralement, les deux tubercules congénères sont alignés et fusionnés seulement par les bords internes de leurs lobes médians, mais parfois ils sont alternes et fusionnés à la fois par les bords internes et par les faces en regard de ces mêmes lobes. Dans le premier cas, toutes les ramifications des deux tubercules congénères sont complètement indiquées sur les faces antérieure et postérieure de la lame, mais dans le second cas, les ramifications du tubercule en trèfle sont complètement indiquées sur la face postérieure, et celles du tubercule en crête sur la face antérieure de la lame, puisqu'il s'agit des molaires inférieures.

c. Il arrive que les lobes médians, fusionnés ensemble et séparés des lobes externes par des entailles plus ou moins profondes, forment un pilier médian, quelquefois ramifié en éventail, situé entre deux piliers latéraux formés par les lobes externes. En outre, à cause de la forme concave ou convexe de la lame, le pilier médian peut être rejeté en arrière ou poussé en avant des piliers latéraux. Dans les deux cas, les ramifications de la lame sont disposées en arc concave ou convexe, suivant sa forme.

d. Normalement, le lobe externe du tubercule en trèfle est plus triangulaire et plus large que le lobe externe du tubercule en crête, mais souvent ces deux lobes sont semblables ou même inversement développés.

e. Régulièrement, les tubercules en crête des lames antérieures des molaires inférieures sont plus hautes que leurs congénères en trèfle, tandis que, inversement, les tubercules en trèfle des lames postérieures des mêmes

molaires sont plus hauts que leurs congénères en crête. A cause de l'inégalité de la hauteur des deux tubercules congénères de la même lame, le contour du sommet des lames extérieures des molaires inférieures est une courbe convexe en haut, plus inclinée du côté externe que du côté interne. D'après ce caractère constant, on peut reconnaître avec certitude si la lame appartient à une molaire inférieure de droite ou de gauche.

Le contour du sommet des lames des molaires supérieures est souvent une ligne droite ou une courbe concave.

f. Quelquefois, le lobe médian du tubercule en trèfle des lames des molaires inférieures présente à sa face postérieure une ébauche de ramification ou un lobe postérieur individualisé (*p*).

III. L'érosion de la couronne des molaires coupe les lames à divers niveaux et produit des sections à contour variable, d'après le nombre des ramifications rencontrées et d'après la profondeur plus ou moins grande des entailles qui les séparent.

a. Il est à remarquer que les sections divisées en trois parties ont souvent leur partie médiane disloquée en arrière ou en avant, de sorte que les trois parties dont elles sont composées ne sont plus situées ni en ligne droite, ni en ligne courbe régulière.

b. La plus grande partie de la section rapprochée de la base de la lame et la lame elle-même est formée par les lobes externes qui s'élargissent du haut en bas, tandis que les lobes médians qui occupent le milieu s'élargissent de bas en haut. Quelquefois, la forme de cette section et de cette base est celle d'un losange très allongé, ou celle d'un triangle très surbaissé, ou celle d'un rectangle très étiré, présentant à son milieu soit deux dilatations qui correspondent aux deux lobes médians simplement fusionnés, soit une seule dilatation qui corresponde aux deux lobes médians chevauchés l'un sur l'autre et fusionnés par leurs faces en regard. Très rarement, les bases des deux tubercules congénères ne sont pas fusionnées du tout; alors la section rapprochée de la base et la base elle-même est divisée en deux moitiés distinctes et indépendantes.

IV. Les faces antérieure et postérieure de la lame sont pourvues de plis. Près de la base de la lame, les plis sont plus ou moins longitudinaux, filiformes, parallèles, peu serrés et peu ramifiés; leurs ramifications se jettent les unes dans les autres à mesure qu'elles s'approchent du niveau où commencent les entailles qui séparent les ramifications du sommet de la

lame. A partir de ce niveau, en haut, les plis du milieu des faces de la lame continuent leur route longitudinale sur les lobes médians, tandis que les plis des parties latérales de ces mêmes faces changent tout à fait de direction, ils restent parallèles ou se jettent les uns dans les autres, s'épaississent et continuent leur route très oblique sur les lobes externes des tubercules congénères. Les plis sont produits par l'émail, et, pour les étudier, il faut recourir à des lames relativement jeunes et non couvertes de cément.

V. Excepté les caractères spécifiques, tous les autres caractères qui se rapportent à la structure des lames des molaires de l'*Elephas indicus* se rapportent pareillement à la structure des lames des molaires de l'*Elephas primigenius*, de l'*Elephas meridionalis* et d'autres espèces d'éléphants éteints, qui lui sont des proches parents. En outre, par l'alternance des tubercules congénères des lames et par la présence du lobe postérieur (p) du tubercule en trèfle des lames des molaires inférieures, toutes ces espèces d'éléphants sont liées phylogéniquement aux espèces de *mastodontes bunolophodontes à collines des molaires formées de tubercules congénères alternes, telles que* MASTODON SIVALENSIS *et* MASTODON ARVERNENSIS ; par conséquent, *l'origine de l'*ELEPHAS INDICUS *est tout à fait différente de celle de l'*ELEPHAS AFRICANUS.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur certains cas de diminution de la vitesse du vent avec l'altitude.* Note de M. **ALBERT BALDIT**, présentée par M. J. Violle.

Il résulte d'observations nombreuses faites dans les couches basses et moyennes de l'atmosphère que la vitesse du vent augmente, généralement, d'une manière continue, avec la hauteur. Mais ce résultat n'est obtenu qu'en prenant la moyenne d'un grand nombre de cas.

Si l'on examine les observations séparément, on s'aperçoit qu'il existe des exceptions assez fréquentes, telles que la vitesse, loin d'augmenter avec l'altitude, diminue, dans toute l'épaisseur, de couches plus ou moins élevées, et, parfois, décroît constamment à partir d'une certaine hauteur.

En étudiant les sondages aérologiques d'au moins 4000^m, effectués dans la région de Châlons-sur-Marne, de septembre 1915 à mars 1918, nous avons observé 250 cas de diminution nette de la vitesse du vent avec la hauteur (sur 650 sondages ayant atteint ou dépassé 4000^m) [1]. Ces diffé-

---

[1] Près de 4000 sondages à toutes altitudes ont été effectués dans cet intervalle.

rents cas ne sont pas répartis au hasard, mais forment quelques groupes caractéristiques :

Premier groupe. — Vents d'entre Nord et Est, de 0^m à 4000^m (67 cas).

Deuxième groupe. — Vents d'entre Est et Sud, de 0^m à 4000^m (24 cas).

Troisième groupe. — Vents d'entre Est et Sud, de 0^m à 3000^m, puis d'entre Sud et Ouest (13 cas).

I. Le premier groupe (vents d'entre Nord et Est, de 0^m à 4000^m) est le plus important et le plus caractérisé. Généralement, la vitesse du vent passe par un maximum au-dessous de 1000^m (vers 600^m), diminue jusque vers 1600^m, puis augmente de nouveau, plus ou moins régulièrement. En même temps, la direction du vent tourne de l'Est vers le Nord, c'est-à-dire en sens inverse de la rotation habituelle.

Le sondage du 16 novembre 1916, 8^h45^m, peut servir à caractériser ce groupe :

Altitude.	Direction [1].	Vitesse.
m		m
500	10	17
1000	10	12
1500	7	8
2000	4	10
2500	4	11
3000	4	12
3500	4	13
4000	4	14

La situation isobarique qui accompagne ce type est très nette. Elle consiste en un anticyclone allongé, dont l'axe, orienté du Sud-Ouest au Nord-Est, traverse la Manche, la mer du Nord et la Scandinavie. Des pressions plus basses existent symétriquement de part et d'autre (cas des 29 juillet, 6 septembre, 15-16 novembre 1916, 3 mai 1917, 26 mars 1918). Cette situation est parfois persistante et marque un régime de beau temps.

Les régions où l'on observe la diminution de vitesse sont situées sur le versant sud-est de l'anticyclone, où la température au sol est plus basse que dans la dépression voisine. Cette remarque est importante pour l'explication théorique du phénomène.

II. Le type qui domine dans le deuxième groupe (vent d'entre Est et Sud de 0^m à 4000^m) est celui d'une diminution régulière de la vitesse du vent

(1) La direction du vent est notée de 0 à 40, en prenant le Nord comme origine, et en tournant du Nord vers l'Est.

avec la hauteur, à partir de 1000^m, la direction étant, à toutes les altitudes, voisine d'Est-Sud-Est, sans rotation marquée dans un sens ou dans l'autre.

Le cas du 27 mai 1917, 15^{h}15^m, appartient à ce groupe :

Altitude.	Direction.	Vitesse.
m		m
500	10	12
1000	11	10
1500	12	10
2000	12	9
2500	12	5
3000	12	2
3500	calme	calme
4000	calme	calme

La situation barométrique est caractérisée par un anticyclone dont l'axe, dirigé du Nord-Ouest au Sud-Est, traverse la mer du Nord et l'Europe centrale (cas des 8 août 1916, 13-14 février, 7 mai, 7 juillet 1917, 7-14 mars 1918). En même temps, une aire de basses pressions existe au sud-ouest de l'Europe, vers le golfe de Gascogne ou la Péninsule Ibérique. La région dans laquelle a lieu la diminution de vitesse est située sur le versant sud-ouest de l'anticyclone où la température au sol est moins élevée que dans le domaine des basses pressions adjacent. Le gradient de température est parfois important (20° de différence entre Châlons-sur-Marne et Biarritz, le 14 février 1917).

Ce groupe paraît nettement lié à des manifestations orageuses sur la France ou, plus généralement, sur le sud-ouest de l'Europe (10 cas sur 15).

III. Dans le troisième groupe (vents de Sud-Est jusqu'à 3000^m, puis de Sud-Ouest jusqu'à 4000^m), la diminution de vitesse a lieu jusqu'à 4000^m, après une augmentation de 0 jusque vers 1000^m. La rotation du vent a lieu dans le sens positif, c'est-à-dire dans le sens ordinaire de la rotation du vent avec la hauteur.

Le cas du 17 novembre 1916, 13^{h}35^m, peut servir d'exemple :

Altitude.	Direction.	Vitesse.
m		m
500	11	11
1000	14	14
1500	14	8
2000	16	8
2500	16	4
3000	17	5
3500	17	3
4000	29	2

Ce groupe s'observe au moment où un anticyclone, établi depuis plusieurs jours sur nos régions, se déplace vers l'Est, suivi d'une baisse barométrique parfois importante. Dans l'exemple précédent, on enregistre 26^{mm} de baisse barométrique à Châlons entre le 17 et le 18 novembre (cas analogue le 28 novembre 1915 avec 12^{mm} de baisse entre le 28 et le 29). Ce groupe est ainsi utile pour la prévision du temps.

IV. Nous avons traité la question par le calcul en partant de l'équation fondamentale de la dynamique de l'atmosphère et nous avons déterminé le gradient barométrique, ainsi que la vitesse du vent aux diverses altitudes dans le cas d'un anticyclone voisin d'une dépression. En supposant des conditions de température au sol et de décroissance de température en altitude correspondant à celles qui s'observent dans la réalité, on se rend compte des résultats mentionnés précédemment. En particulier, on retrouve les deux faits que nous avons relatés, en premier lieu, dans le cas des vents de Nord-Est : l'existence d'un minimum de vitesse à une altitude plus ou moins grande et la rotation du vent dans le sens négatif, c'est-à-dire dans le sens contraire à celui de la rotation habituelle du vent avec la hauteur.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles remarques sur le rôle de l'assise nourricière du pollen.* Note de M. **Mascré**, présentée par M. Guignard.

Nous avons exposé, dans une Note récente [1], l'évolution de l'assise nourricière du pollen chez le *Datura arborea* L. L'étude des *Datura Stramonium* L. et *D. Tatula* L. confirme de tous points nos observations. L'ordre des phénomènes est toujours identique : aux débuts de la différenciation, on observe dans le tapis des vacuoles à contenu métachromatique; puis, ces vacuoles disparaissent et le chondriome s'organise. La cellule élabore des grains d'amidon, des granulations graisseuses, des vésicules deutoplasmiques. Enfin, le tapis se dissocie et dégénère.

L'étude d'autres Solanées apporte, en même temps qu'une confirmation de l'exposé précédent, des précisions intéressantes. Nous avons dit que le tapis s'organisait, à la face interne du sac pollinique, à partir des cellules du connectif, et cela de très bonne heure. Cette différenciation est extrême-

---

(1) Mascré, *Sur le rôle de l'assise nourricière du pollen* (*Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1120.

ment précoce chez le *Solanum Dulcamara* L. Les cellules du tapis interne y sont déjà très développées, vacuolaires et binucléées, alors que les cellules du tapis externe ont à peine achevé leur formation. On ne saurait donc plus mettre en doute que le développement si particulier des cellules nourricières du pollen n'est pas en rapport avec le fait qu'elles dérivent, comme les cellules mères polliniques, de l'assise sous-épidermique initiale; ce ne sont pas, comme on l'a prétendu, des cellules archésporiales (ou sporogènes) stériles, redevenues végétatives ([1]). Leur évolution est bien évidemment déterminée par leur position et leur rôle physiologique. Chez les genres *Hyoscyamus*, *Nicotiana*, *Atropa*, le tapis interne est aussi toujours différencié le premier, mais de façon moins marquée.

L'existence du chondriome est constante chez tous les genres observés; il est formé de chondriocontes et de mitochondries; nous n'avons jamais retrouvé les formations ergastoplasmiques signalées par divers auteurs. Il est remarquable que le chondriome se colore fort bien par les méthodes de Regaud ou de Benda, après fixation au liquide bichromaté de Tellyes-niczky, quoique celui-ci renferme 5 pour 100 d'acide acétique.

L'amidon n'est jamais très abondant; il est toujours formé de très petits grains.

Chez certaines espèces, l'accumulation des graisses est considérable (*Atropa Belladonna* L., *Nicandra physaloides* Gærtn).

Nous avons retrouvé les vésicules deutoplasmiques chez les genres *Hyoscyamus*, *Nicotiana*, *Lycium*, et dans quelques genres appartenant à des familles voisines : *Digitalis*, *Anchusa*, *Symphytum*. Les granulations graisseuses sont toujours peu volumineuses et relativement peu nombreuses lorsque le tapis renferme des vésicules deutoplasmiques.

Dans les *Solanum* et les *Nicotiana*, nous avons rencontré souvent des inclusions massives, filamenteuses, se colorant comme le chondriome, paraissant correspondre à une dégénérescence précoce du tapis, et qui méritent une étude particulière.

Nous avons précédemment signalé ([2]) l'existence, dans l'assise nourricière du *Datura arborea*, de corpuscules tannoïdiques identiques à ceux que

---

([1]) Bonnet, *Recherches sur l'évolution des cellules nourricières du pollen chez les Angiospermes* (*Archiv für Zellforschung*, t. 7, 1912, p. 605-722).

([2]) Mascré, *loc. cit.*

l'on rencontre dans l'épiderme staminal. L'existence de tanin dans le tapis avait été signalée déjà par Guignard (¹) chez *Nymphœa alba* L.

On trouve également, dans l'assise nourricière des Solanées, et de très bonne heure, des alcaloïdes. Ils existent à la fois dans l'épiderme et le tapis; on ne les trouve dans les parois de l'anthère que très tard. Ni l'épiderme, ni le tapis n'ont jamais présenté d'oxalate de calcium, qu'on observe au contraire souvent dans les cloisons qui séparent les deux sacs polliniques voisins (*Solanum tuberosum* L.).

On retiendra donc que les tanins, les alcaloïdes, substances de déchet, apparaissent en même temps dans l'épiderme et l'assise nourricière, les assises intermédiaires de la paroi n'en renfermant que très tard, ou très peu. Par cette accumulation des substances de déchet, l'assise nourricière se rapproche donc de l'épiderme staminal.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur deux sels cristallisés du principe phospho-organique de réserve des plantes vertes.* Note de M. S. **Posternak**, présentée par M. Maquenne.

J'ai indiqué, en 1903 (²), un certain nombre de réactions permettant de reconnaître la matière phospho-organique de réserve des plantes vertes, matière qu'on a pu isoler de toutes les graines examinées et qu'on a retrouvé également dans les tubercules, rhizomes et oignons. Parmi ces réactions, trois m'avaient paru quasi spécifiques : précipité blanc avec la liqueur molybdique en solution concentrée, de même avec le nitrate d'argent en milieu neutre, et précipité blanc jaunâtre avec le perchlorure de fer en milieu acide. J'ai reconnu depuis qu'elles appartiennent à d'autres éthers polyphosphoriques, notamment ceux de la glycérine, de l'anhydride glycérique, de la mannite et de l'inosite. Elles se trouvent ainsi dénuées de toute spécificité et semblent, au contraire, générales à tous les éthers polyphosphoriques.

D'autant plus d'intérêt méritent les sels cristallisés du principe phospho-organique de réserve qui eux sont caractéristiques. De ces sels on n'en connaissait jusqu'ici qu'un seul cristallisé : le sel double de chaux et de

(¹) Guignard, *Les centres cinétiques chez les végétaux* (*Ann. Sc. nat. Bot.*, 8e série, t. 6, 1898, p. 177 et suiv.).

(²) *Comptes rendus*, t. 137, 1903, p. 337.

soude, étudié par moi dans le travail cité plus haut, mais systématiquement ignoré par les nombreux auteurs qui se sont occupés de la question. Je vais donc décrire en détail une méthode de préparation qui est applicable même à des quantités de substance faibles. Je décrirai, en même temps, un nouveau sel cristallisé, *le sel de soude saturé*, qui se dépose de ses solutions aqueuses en gros cristaux transparents et qui se prête, non seulement à l'identification sûre du principe phospho-organique de réserve, mais aussi à la préparation commode de ses différents sels chimiquement purs et définis.

Sel double de chaux et de soude. — Sa préparation est basée sur la solubilité du sel phospho-organique de chaux dans un excès de sel de soude saturé. De cette solution cristallise peu à peu le sel double en question. La présence dans la solution d'une certaine quantité de magnésie ou de manganèse, ou d'autres éthers polyphosphoriques, ne contrarie pas la cristallisation, mais la ralentit sensiblement.

A un extrait faiblement acide des graines ou à la solution acide de phytine com-



merciale, on ajoute de l'acétate de chaux en solution jusqu'à ce qu'il ne se forme plus de précipité. Le précipité blanc est essoré à la trompe, lavé à fond à l'eau, dissous dans un petit excès d'acide chlorhydrique à 20 pour 100 et reprécipité au moyen de 2^{vol} d'alcool. On essore de nouveau à la trompe, on lave à l'alcool et l'on sèche le produit sur l'acide sulfurique dans le vide. On obtient ainsi un sel acide plus ou moins pur, dont il s'agit de remplacer la moitié de sa chaux par de la soude et d'achever la saturation par la même base. Dans ce but, on dissout le sel acide de chaux *pesé* dans 3^{vol} d'eau et l'on ajoute à la solution 3 parties d'acide oxalique pour 14 parties de sel, puis une quantité équivalente de lessive de soude, de façon à neutraliser l'acide oxalique, soit 5 parties de lessive de soude dix fois normale pour les

3 parties d'acide oxalique employées. Au bout de 2 à 3 heures, on filtre l'oxalate de chaux et on le lave à l'eau. La liqueur filtrée et les eaux de lavage réunies ne doivent pas dépasser 15 fois le poids du sel acide de chaux mis en œuvre. Enfin, pour neutraliser complètement l'acide phospho-organique de réserve, on verse, d'un seul coup, dans la solution 9 parties de lessive de soude et l'on agite vivement. Le mélange s'échauffe légèrement, le précipité formé tout d'abord se redissout, puis la solution filtrée commence à déposer des houppettes blanches formées d'aiguilles fines, nettement visibles à la loupe ou, mieux, au microscope. Je dois à la grande obligeance de M. Maquenne la microphotographie ci-dessus de ces cristaux.

Le rendement est de 35 pour 100 environ. Les eaux mères en donnent de nouvelles quantités.

Séché à l'étuve, à 115°-120°, ce sel correspond à la formule

$$C^6H^{12}O^{27}P^6Ca^2Na^8.$$

Le sel humide ne se dissocie presque pas dans l'eau et peut être lavé à fond.

Sel de soude saturé. — Pour préparer ce nouveau corps, on dissout n'importe quel sel ou mélange des sels du principe phospho-organique de réserve, pur ou impur, dans de l'acide chlorhydrique dilué et l'on précipite la solution avec du perchlorure de fer jusqu'à coloration jaune persistante de la liqueur. On filtre le sel ferrique précipité, on le lave à l'eau, on le délaie avec soin dans le même véhicule de façon à en obtenir une suspension claire, puis on ajoute de la lessive de soude pure, en agitant fortement, jusqu'à ce que la suspension ne brunisse plus et qu'une goutte déposée sur du papier à filtrer ne s'étende pas, mais forme un liséré humide parfaitement incolore autour de la tache brune. Il y a alors un excès suffisant de soude pour permettre une bonne filtration et un lavage complet de l'hydroxyde. La liqueur filtrée, mélangée avec un demi-volume d'alcool, se trouble fortement et dépose un sirop qui ne tarde pas à se prendre en masse, s'il ne contient pas trop d'impuretés.

On décante alors l'alcool, on dissout la masse cristalline ou éventuellement le sirop dans deux volumes d'eau, on distille au bain-marie pour chasser le reste de l'alcool et l'on abandonne le tout à une température de 2° à 3°. La majeure partie du principe phospho-organique cristallise bientôt sous forme de prismes clinorhombiques aplatis. Ces cristaux sont peu solubles dans l'eau très froide, excessivement solubles dans l'eau au-dessus de 50° et complètement insolubles dans l'alcool. Leur solution est forte-

ment alcaline à la phtaléine de phénol. Le sel est efflorescent et fond dans son eau de cristallisation au-dessous de 46°. Par double décomposition avec des sels alcalino-terreux ou métalliques, on obtient les sels correspondants chimiquement purs du principe phospho-organique. Ses sels de cuivre ou de plomb, traités par l'hydrogène sulfuré, permettent la préparation de l'acide libre.

Le sel de soude cristallisé perd à l'étuve, à 120°, 44,7 pour 100 d'eau et correspond alors à la formule $C^2H^4O^9P^2Na^4$. La composition du sel cristallisé peut être exprimée par la formule $C^6H^{12}O^{27}P^6Na^{12} + 44H^2O$.

La description de ces deux sels cristallisés contribuera sans doute à faire mieux connaître le principe phospho-organique de réserve des plantes vertes, si répandu dans la nature, et auquel les auteurs comme Vorbrodt [1], Rising [2], Clarke [3], Rather [4], etc., attribuent encore une composition inexacte.

PHYSIOLOGIE. — *Le coefficient hématopnéique.* Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. Edmond Perrier.

Nous appelons *coefficient hématopnéique* K la valeur calculée suivant la formule précédemment indiquée [5], et que nous généraliserons ainsi :

Soient V et v les volumes d'air expirés en faisant un exercice déterminé, et au repos, en un temps quelconque, par exemple en 2 minutes. Et soient N et n les fréquences des respirations correspondantes, enregistrées graphiquement. Il a été établi que

$$\sqrt[3]{\frac{V:N}{v:n}} \quad \text{ou} \quad \sqrt[3]{\frac{V\times n}{v\times N}} = K,$$

K étant un coefficient d'intensité relatif à l'absorption d'oxygène par le sang, à l'*hématose*. Si le taux de cette absorption est de 3 pour 100 au repos, il sera $K \times 3$, dans les conditions d'exercice où l'on a relevé N et V.

---

(1) *Anzeiger d. Akad. d. Wissensch. in Krakau* (*Math.-naturwiss. Klasse*, 1910, p. 414).

(2) *Svensk Kemisk Tidskrift*, t. 22, p. 143.

(3) *J. of Chem. Soc. London*, vol. 105, p. 535.

(4) *J. of Amer. Chem. Soc.*, vol. 35, p. 890; vol. 40, p. 523.

(5) Jules Amar, *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 957.

En pratique, nous considérons un exercice de 2 minutes sur le cycle ergométrique, avec pédalage à 168 tours par minute, et 2^{kg} au frein. C'est là un travail mathématiquement défini.

Alors on trouve, pour les personnes valides et adultes, une valeur de K voisine de 1,20.

En d'autres termes, lorsque le taux d'oxygène absorbé au repos est de 3,50 pour 100, on aura, durant le travail ci-dessus spécifié :

$$3,50 \times 1,20 = 4,20 \text{ pour } 100.$$

On en a déjà donné de nombreuses vérifications.

Mais il y a des enseignements importants à en tirer.

Applications du coefficient hématopnéique K. — 1° Tout d'abord, le volume de la plus faible respiration au repos est environ de $0^l,50$; celui de la plus profonde $3^l,50$.

On en déduit

$$K = \sqrt[3]{\frac{3,50}{0,50}} = 1,913,$$

et au maximum 2. Donc, *il n'est point de circonstance normale où le taux pour* 100 *d'oxygène absorbé dans l'hématose soit doublé du repos au travail.*

Mais, bien entendu, la quantité totale se règle sur la ventilation.

2° D'autre part, toutes les fois que l'analyse des échanges respiratoires fournit un taux différent de celui que prévoit le coefficient K, *la respiration est anormale.* Ici, on peut se trouver en présence de conditions de surmenage (essoufflement), de respiration en milieu confiné, ou franchement de désordres pathologiques, notamment de maladies des poumons.

Que signifient ces désaccords des taux observés et calculés par le K ? Ils signifient que la ventilation obéit à d'autres causes qu'à la loi des échanges respiratoires résultant de la pression de l'air et de la surface relative offerte à l'hématose.

Ils peuvent aussi exprimer les troubles de l'*automatisme bulbaire* par intoxication carbonique, et les effets propres de lésions siégeant soit aux poumons, soit à la cage thoracique.

Des précisions à cet égard, nous n'en donnerons qu'une, réservant tout le détail à un Mémoire qui paraîtra ailleurs.

Tuberculose pulmonaire. — Il s'agit d'un soldat « gazé ». Le diagnostic

avait établi une « bronchite pseudo-asthmatique, emphysème pulmonaire, et très mauvais état général » (Mom. El., 27 ans, 48^{kg}, $1^{m},55$). L'examen bactériologique conclut à la tuberculose pulmonaire déclarée.

Calculons le coefficient hématopnéique.

	Ventilation en 2 minutes.	CO^2 pour 100.	O^2 pour 100.	$\frac{CO^2}{O^2}$.	Respirations par minute.
Repos	19^l	2,65	3,85	0,688	33
Exercice	27^l	3,10	4,60	0,674	46

On en déduit :

$$K = \sqrt[3]{\frac{27 \times 33}{19 \times 46}} = 1.$$

Or $3,85 \times 1 = 3,85$, très inférieur au taux observé, 4,60.

Dans ces conditions, il s'agit d'une activation des échanges, d'un surcroît d'hématose ; ce qui ressort également de la petitesse du quotient respiratoire. Et deux causes ont diminué le coefficient K : d'une part, la ventilation insuffisante ; d'autre part, la grande fréquence des respirations, la dyspnée.

Le désaccord entre le taux d'oxygène prévu par le K, et celui que l'on obtient par expérience, prouve que l'hématose s'effectue de façon anormale, probablement accélérée par l'état de la membrane alvéolaire. Le tuberculeux aurait des poumons à perméabilité élevée.

Consomme-t-il cependant plus d'oxygène que le valide?

L'expérience répond que *non*. Si l'on calcule la consommation *totale* d'oxygène, soit durant l'exercice, soit au repos, on obtient par différence ce qui correspond strictement à l'exercice.

C'est 5^{cm^3} d'oxygène par kilogramme de poids du corps et par minute, chez le tuberculeux, tandis qu'on en trouve 8 sur l'homme bien portant. Il y a donc insuffisance respiratoire, *retard de la nutrition*.

Ce que confirment et le faible taux de gaz carbonique expiré, et la petitesse du quotient respiratoire.

Ainsi, la marche de ses combustions ne permet pas au tuberculeux une fatigue même modérée.

Conclusion. — Le coefficient hématopnéique est une donnée expérimentale rigoureuse pour caractériser les maladies de l'appareil respiratoire, notamment la tuberculose pulmonaire, et en suivre l'évolution, comme pour mettre en évidence les troubles de la respiration dus au surmenage, ou

à un milieu confiné, les séquelles par gaz toxiques. Enfin, il rend des services précieux lorsqu'on veut connaître les progrès de *l'éducation respiratoire* dans ses nombreuses applications.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *De la persistance variable des impressions lumineuses sur les différentes régions de la rétine.* Note de M. **Paul Woog**, présentée par M. Yves Delage.

On sait que les différentes sensibilités de la vision ne sont pas uniformément réparties sur la rétine : si, en dehors du *punctum cæcum*, la perception lumineuse est la même sur toute la surface rétinienne, les sensibilités chromatiques et visuelles diminuent du centre à la périphérie, la seconde étant presque localisée à la *fovea*.

Nous nous sommes proposé de vérifier si le phénomène de la persistance des impressions lumineuses se produisait d'égale manière sur tous les points de la rétine. Nous décrirons ci-dessous deux expériences prouvant qu'il n'en est rien :

1° On fait tourner autour de son axe, devant un fond blanc, une roue dentée, par exemple de 17^{cm} de diamètre, composée d'un disque central noir d'environ 10^{cm} de diamètre, à la périphérie duquel se trouvent 16 divisions de surface égale, limitées par des rayons de la roue et alternativement blancs et noirs. L'observateur, placé en face et à environ 30^{cm} du disque, regarde avec un œil le centre du dispositif (l'autre œil est maintenu fermé). On accélère progressivement le mouvement de la roue, puis on rend la vitesse constante quand les secteurs noirs et blancs ne peuvent plus être nettement différenciés et qu'on perçoit un papillotement gris (deux à trois tours à la seconde, soit pour un point donné 15 à 25 alternances de secteurs). Si à ce moment l'œil se déplace dans un plan vertical ou horizontal, on constate, dès que la ligne visuelle s'écarte de la position primitive, un papillotement plus intense; la différenciation des secteurs et l'impression de rotation augmentent au fur et à mesure que le déplacement de l'œil amène l'image sur une partie de la rétine plus éloignée du centre.

2° Dans l'expérience suivante, le phénomène peut être observé avec la plus grande netteté, sans qu'il soit fait appel à un mouvement quelconque.

Si l'on alimente une lampe à incandescence ordinaire à filament de tungstène, par du courant alternatif, la masse linéaire du filament lumineux

étant faible, son incandescence suit fidèlement les variations du courant, ce qu'un miroir tournant permet facilement de constater.

Or nous avons dit que la vitesse optima des essais se trouvait comprise entre 15 et 25 passages de secteurs par seconde. Il suffit donc d'envoyer du courant à 25 périodes, par exemple, dans une lampe ordinaire à filament de tungstène, pour disposer d'un faisceau d'intensité régulièrement variable et jouant le rôle des secteurs de la roue dentée. On examine le foyer lumineux à travers un écran translucide, ou l'on reçoit les rayons sur un écran blanc. Dans ces conditions, on a, par suite de la persistance des émissions successives de lumière, une impression continue si l'on regarde normalement la plage éclairée; mais, dès que la ligne visuelle s'éloigne de cette direction, on perçoit un papillotement dont l'intensité augmente notablement avec l'écart de la ligne visuelle par rapport à sa position primitive.

Le phénomène reste le même avec la lumière colorée, et on l'observe avec netteté si l'on interpose sur le trajet des rayons des écrans bleu, vert, jaune ou rouge (solution de sulfate de cuivre; papiers Virida et Rubra Lumière).

On voit donc que la persistance des impressions lumineuses est maximum au centre de l'œil et va en diminuant depuis ce point jusqu'à la périphérie. Ce fait peut même être constaté sans qu'il soit nécessaire de changer la direction de la ligne visuelle, et il est possible d'en localiser plus étroitement le maximum.

Si, en effet, on regarde normalement la source lumineuse dont il vient d'être question et sur laquelle ne se montrent pas de variations, et si l'on s'approche lentement de la plage éclairée, on rencontre une position à partir de laquelle le scintillement apparaît : l'impression de continuité du flux lumineux se retrouve si l'on revient en arrière. Or cette distance-limite du papillotement est fonction des dimensions de la surface lumineuse, et si l'on interpose des diaphragmes de grandeur décroissante, on constate que cette distance diminue avec leur ouverture. Voici les nombres trouvés :

Diamètres des diaphragmes.	Distances-limites du papillotement.
m	m
0,14	0,95
0,090	0,67
0,068	0,465
0,035	0,225
0,012	0,08
0,005	0,04
0,003	0,02

Ces chiffres correspondent très régulièrement à un angle visuel un peu inférieur à 9°. Le calcul montre que cet angle visuel détermine une surface couverte de rétine d'environ $0^{m},00235$ de diamètre. On peut donc dire que le maximum de la persistance des impressions lumineuses est localisé à la dépression de la *fovea* et à l'étroite région qui l'entoure.

Si l'on rapproche ces constatations de ce fait que la *fovea* est presque entièrement composée de cônes et que leur nombre diminue ensuite depuis la *fovea* jusqu'à la périphérie de la rétine, on semble être en droit de conclure que les cônes subissent plus facilement que les bâtonnets la sorte de « tétanisation lumineuse » qui nous occupe.

Par contre, il est à retenir que la persistance des impressions est plus grande aux points où la vision s'exerce avec le maximum d'acuité, par suite, peut-être, d'un plus complet éblouissement local.

Cette notion de la moindre persistance des impressions sur les régions latérales de la rétine augmente encore l'importance de la vision périphérique, puisque cette vision indirecte est capable de nous donner une perception plus distincte des objets en mouvement.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *L'azote soluble et l'azote insoluble dans le tissu du foie cancéreux; nouvelle conception sur la genèse du cancer.* Note de M. **Albert Robin**, transmise par M. A. Gautier.

Dans une Note précédente, j'ai émis, sur la genèse du cancer, une conception nouvelle qui trouve un début de confirmation dans l'étude que je présente aujourd'hui, sur la manière dont se présentent l'azote soluble et l'azote insoluble du tissu cancéreux.

Cette étude apporte, en outre, à l'encontre de la théorie parasitaire du cancer, un argument qui, s'il n'est pas direct, n'en possède pas moins sa valeur.

L'azote total présente dans le foie cancéreux frais une diminution variable sur celui du foie normal. Cette diminution est due à l'hydratation variable du foie cancéreux. Elle montre que le cancer a la propriété de construire plus de substance histologique que le foie normal, avec une quantité déterminée d'azote.

Mais à sec le foie renferme plus d'azote que le foie normal (16,3 pour 100 pour les régions relativement saines, et 18,9 pour 100 pour les régions très atteintes), ce qui montre que la substance solide réelle du foie cancéreux exige pour sa construction plus d'azote que le foie normal.

Cette propriété appartient bien au tissu cancéreux, puisque les teneurs azotées du poumon normal, du poumon le moins atteint chez les phtisiques et celles du poumon très atteint, sont sensiblement les mêmes. Cet enrichissement du tissu cancéreux sec en azote peut s'expliquer, soit par une diminution correspondante de ce tissu en matières ternaires, soit, et bien plus probablement, par sa plus grande teneur en azote soluble.

Qu'il s'agisse du tissu cancéreux, frais ou sec, l'azote insoluble augmente dans les régions les plus atteintes du foie, tandis que l'azote soluble diminue dans les régions relativement saines alors que l'azote soluble augmente.

L'interprétation la plus logique de ces faits est que les protéiques du cancer se forment, aux dépens des produits de l'autolyse des protéiques de l'organe dans lequel il se développe, et non par l'apport des protéiques destinés normalement aux tissus sains.

Dans les régions pulmonaires encore saines du phtisique, l'azote soluble n'augmente pas. Le tubercule ne se construit donc pas aux dépens de l'azote de désintégration des régions encore saines, alors que la chose paraît évidente pour le cancer.

Cette manière de voir est appuyée par les recherches de R. A. Kocher, qui trouva dans le cancer une augmentation considérable des bases hexoniques, bases figurant parmi les facteurs principaux de la croissance. Ces bases proviendraient ici de la désintégration, sous l'action d'un ferment, des protéiques de l'organe où va naître le cancer. Elles serviraient à construire des protéiques spéciaux à celui-ci et dont la richesse en aminoacides de croissance conférerait aux cellules qui les intègrent le pouvoir de croître et de se multiplier indéfiniment.

Ces recherches viennent à l'appui de l'existence d'un terrain cancérisable et différencient totalement le processus cancéreux, maladie de ferment, des maladies parasitaires comme la tuberculose.

PHYSIOLOGIE. — *Le sucre protéidique*. Note de M. **Henri Bierry**, présentée par M. Charles Richet.

Nos recherches antérieures ont établi qu'il existe dans le sang total, dans le sérum, *dans le plasma* des divers animaux, à côté du *sucre libre* directement décelable, du *sucre protéidique*, dont la présence ne peut être manifestée qu'après scission de la molécule complexe qui le renferme et rupture de la liaison qui dissimule sa fonction aldéhydique. Ces combi-

naisons protéido-hydrocarbonées sont facilement rompues par les acides minéraux étendus et chauds, et le sucre réducteur ainsi libéré, *d*-glucose, devient dosable par les procédés ordinaires (H. Bierry et L. Fandard) (1).

1° *Sucre protéidique et spécificité du plasma.* — Ce sucre protéidique, dont la présence est constante chez l'homme et les divers animaux : mammifères, oiseaux, reptiles, batraciens, poissons, etc., et dont la quantité dans le plasma est, chez certains d'entre eux, bien supérieure à celle du sucre libre, présente un intérêt physiologique réel : en particulier, il entre dans la *constitution moléculaire* des protéides du plasma des différents animaux. On admet, pour des raisons physiologiques surtout, que chaque espèce possède un plasma qui lui est propre; l'étude du sucre protéidique permet maintenant d'en donner une preuve tangible. *De nos recherches avec Albert Ranc* (2), *il ressort que chaque espèce animale possède un plasma artériel constitué par des protéiques dont le rapport de l'azote au sucre :* $\frac{\text{N protéidique}}{\text{S protéidique}}$ *ou* $\frac{N_p}{S_p}$ *est caractéristique de l'espèce* (3).

2° *Panglycémie.* — Si l'on veut faire, chez un animal donné, l'*inventaire de la matière sucrée du sang*, que je propose d'appeler *panglycémie*, il faut évaluer indépendamment le sucre libre et le sucre protéidique. Il faut, en outre, s'adresser d'abord au sang artériel dont la teneur en sucre est sensiblement constante, puis aux divers sangs veineux. Comme, d'autre part, les globules renferment moins de sucre protéidique et de sucre libre que le *plasma* qui les baigne, et comme le *plasma* est en somme le *milieu intérieur* où vivent tous nos organes, le *plasma* semble donner des renseignements plus précis que le sang pour l'étude de la matière sucrée. Une étude complète de la *panglycémie* doit comprendre : l'*inventaire en sucre* du plasma et du sang artériel, des sangs et plasmas veineux.

---

(1) H. Bierry et L. Fandard, *C. R. Soc. Biol.*, 8 et 13 juin 1912 et 11 mai 1918; *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 61 et 516. — L. Randouin-Fandard, Thèse Faculté des Sciences, Paris, 1918.

(2) H. Bierry et Albert Ranc, *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 278; *C. R. Soc. Biol.*, 18 juillet 1914.

(3) $\frac{N_p}{S_p} = 3$ chez le poulet, 6,9 chez le cheval, 9 chez le chien. Je me propose d'étudier le rapport $\frac{N_p}{S_p}$ chez diverses espèces et divers individus, et les variations de ce rapport dans différents états pathologiques : diabète, syphilis, etc.

3° *Variations du sucre protéidique.* — Les variations du sucre libre dans le plasma peuvent être très rapides, les variations du sucre protéitique sont, au contraire, beaucoup plus lentes; il faut, pour les observer, soumettre les animaux à des injections d'adrénaline, à l'inanition [1], etc. L'utilisation du sucre protéidique n'est donc point immédiate, elle paraît liée à celle du plasma.

4° *Muscle et sucre protéidique.* — Il ressort des recherches de A. Chauveau et de Cl. Bernard que le sang artériel est plus riche en sucre libre, en général, que le sang veineux correspondant; nos recherches, faites en tenant compte cette fois de la *teneur en eau* (donnée indispensable pour une étude précise) du sang et du plasma artériel et veineux, sont venues appuyer cette manière de voir touchant le sucre libre et établir de plus que cette règle est inversée en ce qui concerne le sucre protéidique.

Nous avons recherché la cause de ce phénomène. La première hypothèse qui vient à l'esprit est que le plasma artériel peut s'appauvrir en eau, par exsudation de la lymphe, et le plasma veineux s'enrichir d'autant en protéiques et sucre protéidique. Cet enrichissement pourrait, en partie tout au moins, s'expliquer ainsi, mais l'examen du rapport $\frac{N_p}{S_p}$ du plasma artériel et du plasma veineux correspondant entraîne de suite à envisager une autre hypothèse : le rôle du muscle. Le muscle, qui polymérise le glucose pour en faire du glycogène, n'est-il pas capable d'effectuer la condensation du glucose et des polypeptides?

Déjà, des recherches de Levene et Meyer ont montré que si l'on met en contact du suc de plasma musculaire et du glucose, en présence d'extrait aqueux de pancréas, le glucose ne « glycolyse » pas comme le croyait Cohnheim, mais il entre dans une combinaison dont il peut être libéré par hydrolyse acide. D'un autre côté, Van Slyke et Meyer ont vu que les acides aminés, introduits dans l'organisme, abandonnent assez vite le sang pour être fixés par les divers tissus, et que la disparition de ces amino-acides est rapide dans le foie, mais extrêmement lente dans le muscle.

Si vraiment le muscle joue un rôle dans la genèse du sucre protéidique, on doit trouver des différences, touchant la teneur en sucre protéidique, entre le plasma artériel d'un groupe de muscles et le plasma veineux correspondant. Nous avons fait cette expérience sur le groupe des muscles de la cuisse chez le chien, en recueillant le sang artériel et veineux, et suivant,

---

[1] H. Bierry et L. Fandard, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 480 et 2010.

autant que possible, les indications de Morat et Dufourt [1]. Dans ces conditions, nous avons constaté un enrichissement en sucre protéidique du plasma veineux sur le plasma artériel correspondant dans des cas où l'eau du plasma artériel et du plasma veineux ne différait que par des chiffres voisins de ceux de l'erreur expérimentale.

Le fait que le rapport $\frac{N_p}{S_p}$ du plasma artériel n'est pas le même que celui du plasma veineux correspondant, nous amène à exposer une conception chimique qui présente l'intérêt d'une hypothèse de travail. Les recherches de Kossel, Van Slyke et Bischard [2] ont mis en lumière ce point important que le groupement ε de la lysine était libre dans la molécule de certaines « prolamines » et albumines, *isolées* et *purifiées*. Il en est, de même, dans les protéiques du tissu musculaire et du plasma, *à l'état frais* [3]. Le fait que les protéiques du plasma et du tissu musculaire ne sont pas neutres chimiquement, mais possèdent au contraire de nombreuses affinités chimiques, permet de supposer que tout se passe comme si, *dans le protoplasma musculaire, il existait une molécule azotée complexe dont le noyau pourrait rester invariable, mais qui porterait aux chaînes terminales des groupements peptidiques susceptibles d'être libérés, puis régénérés. Ces groupements pourraient s'unir au d-glucose en bloquant sa fonction aldéhydique* [4].

ZOOLOGIE. — *Le membre des Arthropodes.* Note de M. H. Coutière, présentée par M. L. Bouvier.

J'ai montré dans une Note antérieure que le membre des Crustacés pouvait comporter théoriquement dix articles. Chez les Malacostracés au moins, là où il a pris la forme d'une tige allongée, il affecte deux principaux aspects, conditionnés l'un et l'autre par le sort de ce qu'on pourrait appeler la *triade basischiale* (double basis et ischion.)

L'aspect le plus répandu, et le plus primitif, est celui offert par les *Pera-*

---

(1) Morat et Dufourt, *Archives de Physiologie*, 5e série, t. 4, 1892.

(2) Van Slyke et Bischard, *Journ. of Biol. Chem.*, n° 4, janvier 1914, p. 539.

(3) H. Bierry, R. Hazard et Albert Ranc; Ch. Achard et E. Feuillié, *Soc. Biologie*, 14 février 1914.

(4) En 1892, Pflüger, partant d'un tout autre point de vue, était arrivé à une conception du muscle présentant avec celle-ci certaines analogies.

carida et les *Syncarida* : les deux articles du basis étant distincts ou non, l'expodite présent ou non, la triade basischiale est le segment le plus important, elle l'emporte sur la méropodite; *a fortiori*, la somme de ces articles l'emporte sur la partie distale du membre. Quand on peut la discerner, l'articulation maîtresse est méro-carpale, mais elle dessine un angle obtus (*Mysidacea*, *Syncarida*).

Le second aspect est celui offert par les Décapodes : le métabasis se soude à l'ischion (Crevettes, Écrevisses), ou même au probasis (Langoustes, Crabes). La triade basischiale ainsi réduite à deux, ou même un seul article, est beaucoup plus courte que le méropodite et se place dans son prolongement; la partie distale du membre égale la précédente, de sorte que l'ensemble figure un compas dont l'articulation méro-carpale est à angle aigu.

Le même résultat, dû sans doute aux mêmes exigences mécaniques de la marche sur un plan résistant, est obtenu par les mêmes moyens chez la grande majorité des Insectes : la triade basischiale se réduit à un seul article (trochanter) (¹), ou à deux articles distincts (trochanter et trochantin de certains Hyménoptères). La bipartition primitive du basis est indiquée chez les très nombreuses formes par une fausse articulation ou une constriction (Blattes, Mantes, Fourmis, Cigales, etc.).

Les Insectes primitifs forment une très intéressante exception. Le membre des *Machilis*, si curieux par la persistance d'un épipodite, ne l'est pas moins par son aspect général. Il n'y a pas d'articulation maîtresse, le métabasis et l'ischion sont l'un et l'autre plus volumineux que le merus, mais le probasis, très réduit, n'est plus indiqué que par une constriction, comme chez les autres Insectes. La réduction du double basis est bien plus prononcée chez les Lépismes, mais, l'ischion étant toujours très volumineux et de direction ascendante, on voit apparaître ce détail important : il y a maintenant, *non plus une, mais deux articulations maîtresses* à angle obtus : l'une, ischio-mérale; l'autre, méro-carpale, entre lesquelles s'étend le méropodite horizontal.

Or *cette disposition est celle qui caractérise essentiellement les Arachnides*. La « patella » qui figure, chez les Arthropodes, d'un article

(¹) Il est très difficile de décider lequel des trois articles a été le plus sacrifié dans cette soudure. Le même problème se pose chez les Crustacés, et certains points du développement des Crabes tendraient à montrer que l'ischion peut disparaître en se soudant au méropodite.

insolite quand on compare leur membre à celui des Insectes, est simplement l'homologue du méropodite si l'on admet, comme chez les *Peracarida* et les Insectes primitifs, la persistance de l'ischion comme partie principale de la branche ascendante.

Cette conception s'applique aisément à tous les Arachnides, avec quelques modalités intéressantes. Il n'y a pas à la modifier chez les Pychogonides, sauf que le précoxa, comme l'a si bien montré M. le Professeur Bouvier, est entièrement distinct et articulé. La patte postérieure des Limules montre également un précoxa très net, normal à l'axe du corps, avec gnathobase du côté interne et proépipodite externe. Sur le coxa, également transverse, s'insère la branche montante basischiale, mais ici les deux basis volumineux sont distincts, et l'ischion, très court, est curieusement luxé dans le sens horizontal et soudé au mérus circulairement. On peut ensuite noter, sur le joint carpo-propodal, la présence d'une scopule, homologue à celle des Crustacés et des Insectes, mais fonctionnant comme drague quand l'animal fouit le sable.

Chez la plupart des Araignées, c'est, non plus le joint ischio-méral qui s'est déplacé, mais bien le joint méro-carpal. Le carpe (ou tibia) a en effet une tendance à se placer dans le prolongement de la patella, ce résultat paraissant lié à l'extrême allongement de la portion distale du membre.

Quant au trochanter, s'il est souvent unique (Scorpions, Pycnogonides), il présente très souvent des traces de sa duplication originelle sous forme d'une suture circulaire (Araignées) ou d'une suture sur l'ischion (Phalangers). Il y a d'ailleurs un trochantin répondant au métabasis, chez les Trogulidés, et les deux basis sont fréquemment libres chez les Pseudoscorpions.

Les Galéodes montrent des détails particulièrement instructifs. Sur la dernière paire de pattes, avant la « patella » définie par sa position entre deux joints à angle obtus, on trouve successivement cinq articles distincts (précoxa, coxa, pro et métabasis, ischion). Les trois paires qui précèdent montrent, d'arrière en avant : 1° un raccourcissement significatif du probasis; 2° et 3°, la soudure des deux basis en un seul article. Sur le palpe enfin, c'est toute la triade basischiale qui est soudée. Les Pseudo-scorpions, comme H.-J. Hansen l'a depuis longtemps fait voir, présentent des faits de même ordre sur les articles que j'interprète comme métabasis et ischion.

La partie la plus délicate à homologuer est certainement la région distale du membre des Arthropodes terrestres, par suite : 1° de la division méristique dont elle est si souvent le siège; 2° de la complication de l'appareil ter-

minal, en rapport avec un substratum solide et adapté à des travaux très variés. Sans entrer dans le détail, il me semble qu'on n'a le choix qu'entre deux hypothèses : ou bien interpréter le dernier article comme dactyle et le système entier des griffes comme stylopodite, ou bien admettre une division méristique à peu près obligatoire du propodite, puis faire des griffes et de leurs accessoires l'équivalent du dactyle et du stylopodite, celui-ci persistant ou non. Le fait que, dans quelques cas (diverses Araignées et Pycnogonides), on peut reconnaître distinctement deux systèmes de griffes articulés l'un sur l'autre, le fait aussi que, chez les Pseudo-scorpions, cette partie distale faisant suite au mérus ne comporte plus que deux et même qu'un article, ces faits me feraient plutôt admettre la seconde manière de voir.

EMBRYOLOGIE. — *A propos du développement embryonnaire des* Palæmonidæ. Note [1] de M. E. **Sollaud**, présentée par M. Delage.

Dans un des précédents *Comptes rendus* (t. 168, 1919, p. 1059), M. le professeur L. Roule oppose quelques objections aux critiques que j'ai formulées [2] contre certains des résultats exposés par lui dans son Mémoire sur l'embryogénie de *Leander serratus* (Penn.) [3]. J'aurais notamment commis une erreur en croyant que M. Roule a considéré comme étant au début de leur développement les œufs les plus jeunes qu'il lui ait été donné d'étudier.

Presque tous les auteurs qui se sont occupés de l'embryogénie des *Caridea* (à la suite de Bobretzky, je citerai Faxon, Ishikawa, Herrick, Kingsley, Weldon) ont décrit et figuré : 1° soit une segmentation totale, soit une segmentation partielle n'atteignant pas le centre, mais affectant d'emblée toute la surface de l'œuf; 2° la formation d'un revêtement blastodermique superficiel qui enveloppe toute la masse centrale des réserves vitellines; 3° l'apparition, en un point de la surface caractérisé par une active prolifération cellulaire, d'une légère dépression, origine d'une grande partie au moins des éléments ento- et mésodermiques. Pour M. Roule, « l'œuf se compose d'une masse volumineuse de vitellus nutritif, portant à l'un de ses

(1) Séance du 10 juin 1919.

(2) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 963.

(3) *Ann. Sci. nat. zool.*, 8e série, t. 2, 1896.

pôles ... une petite cicatricule formée de vitellus évolutif. Cette cicatricule se scinde seule en blastomères, engendre seul le blastoderme et produit les feuillets avec les organes qui en dérivent »; la cicatricule s'élargit et s'étend peu à peu, la vésicule vitelline ne cessant d'affleurer à la surface et ne se recouvrant de tissus actifs que vers la fin du développement; il n'y a absolument rien qui rappelle, de près ou de loin, une invagination gastrulaire. Entre ces deux manières de voir, il y avait donc des divergences profondes. Dès mes premières recherches, j'ai dû reconnaître que Bobretzky avait raison (abstraction faite de quelques erreurs de détail) et que M. Roule contestait l'existence de phénomènes qu'il n'avait pas pu observer; quelle qu'ait été, en 1896, son opinion sur l'âge des œufs les plus jeunes décrits par lui, il est certain qu'il serait arrivé à des conclusions tout autres, s'il avait pu étudier le développement dès son début, et non à partir d'œufs âgés de plusieurs jours.

M. Roule semble me reprocher d'être en retard sur mon temps, de faire preuve de préoccupations bien surannées, en m'attachant à retrouver, dans un œuf surchargé de réserves vitellines, quelque chose de comparable à un blastopore ou à une invagination gastrulaire. Je ferai seulement remarquer que j'ai évité, à dessein, de parler d'une phase de *gastrulation* succédant à la phase de *segmentation* de l'œuf; que j'ai invoqué des causes essentiellement actuelles (modifications du chimisme, phénomènes de chimiotactisme) pour expliquer des faits qui, pour les anciens auteurs, auraient surtout fourni matière à la recherche d'homologies plus ou moins contestables; je laisserai d'ailleurs aux zoologistes qui liront ma courte Note préliminaire le soin de juger si ce reproche est vraiment justifié. Quoi qu'il en soit, M. Roule semble bien persuadé que la préoccupation dominante de découvrir, à tout prix, quelque chose d'homologue à une phase gastrulaire, m'a conduit, à la suite de tant d'autres auteurs, à une grave confusion : ce qui a été décrit comme invagination mésentodermique, ce serait la première apparition de la « fente somatique », qui est simplement le résultat de la courbure du corps de l'embryon; on sait, en effet, que cet embryon est replié dans l'œuf de telle manière que la face ventrale de l'abdomen s'applique sur la face ventrale de la région céphalothoracique, et que cette flexion se manifeste d'une façon extrêmement précoce. Pas plus qu'aucun des auteurs précités, je n'ai commis une telle confusion, et il était difficile de la commettre, étant donné qu'il s'agit de deux phénomènes tout à fait distincts, bien séparés dans le temps. L'invagination mésentodermique est très passagère; son apparition et sa disparition sont des plus faciles à cons-

tater, aussi bien *in vivo* que sur une série d'œufs fixés et examinés *in toto* ou en coupes; or la dépression s'est complètement effacée à la surface de l'œuf avant que soit réalisé le plus jeune des stades observés par M. Roule, par conséquent avant toute indication de la fente somatique, que personne n'a jamais prise pour une invagination gastrulaire.

ANATOMIE. — *Sur l'existence, chez les Locustiens et les Grilloniens, d'un organe servant à la rupture du chorion au moment de l'éclosion.* Note de M. **P. Cappe de Baillon**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

L'existence d'un organe destiné à faciliter à la jeune larve la rupture de la coquille de l'œuf, au moment de l'éclosion, a été signalée successivement chez les Aphaniptères, les Névroptères, les Hémiptères, les Arachnides et les Myriapodes.

L'appareil de rupture des Orthoptères semble peu connu. Heymons (1895) a décrit celui des *Forficula;* de Peyerimhoff (1901), celui du Psocide *Stenopsocus cruciatus* L.

Or il existe un organe du même genre chez un grand nombre de Locustiens et de Grilloniens.

Chez les Locustiens (*Leptophyes punctatissima* Bosc., *Phaneroptera quadripunctata* Br., *Meconema varium* Fabr. (= *M. thalassina* De Geer), *Xiphidium dorsale* Latr. (= *Anisoptera dorsale*), *Conocephalus mandibularis* Charp. (= *Conocephaloïdes nitidulus* Scop.), *Thamnotrizon cinercus* L. (= *Pholidoptera griseoaptera* De Geer), *Ephippigera rugosicollis* Ramb. (= *Uromenus rugosicollis*), etc., l'appareil de rupture est situé sur le front de la larve. Il se présente sous la forme d'une lame de longueur variable s'étendant, à la façon d'une crête, du vertex à la base du labre.

L'organe doit son origine à une différenciation locale de la membrane amniotique. Notablement épaissie dans cette région de la tête, la membrane y forme deux feuillets, un feuillet droit et un feuillet gauche, qui se dressent dans le plan sagittal et s'accolent sur la ligne médio-frontale pour constituer la lame de rupture. L'union des deux feuillets est assurée de distance en distance par des points de soudure.

L'appareil des Grilloniens (*Gryllus campestris* L. (= *Acheta campestris*), *Gryllus domesticus* L., *Gryllomorpha dalmatina* Ocsk., *G. uclensis* Pant., *Nemobius sylvestris* Fabr.), n'est pas situé sur le front, mais sur les bords du labre.

Comme celui des Locustiens, il est dû à une modification de la membrane amniotique. Celle-ci revêt le labre d'une sorte de sac aplati dans le sens dorso-ventral et rendu partiellement rigide par suite de l'épaississement de ses parois latérales. La partie rigide constitue l'appareil de rupture.

L'organe affecte la forme d'un U dont l'une des branches, et plus souvent les deux, sont garnies de dents robustes dirigées vers l'extérieur.

Cette pièce est logée, comme le labre lui-même, entre les deux antennes dont la gaine est également renforcée à la base et rendue plus ou moins solidaire de la formation centrale.

La valeur fonctionnelle de l'appareil de rupture des Locustiens et des Grilloniens peut être établie par l'observation directe. Elle ne saurait être mise en doute pour ce qui regarde les Locustiens cités. Parmi les Grilloniens, seul le *Nemobius sylvestris* possède un organe fonctionnant comme appareil de rupture proprement dit; chez les autres, son rôle est secondaire dans le mécanisme de l'éclosion.

ANATOMIE. — *Mode d'ossification du grand trochanter chez l'homme de la Pierre polie.* Note de M. MARCEL BAUDOUIN, présentée par M. Charles Richet.

D'après les auteurs classiques et les divers anatomistes, le point d'ossification spécial, qui, chez l'homme, correspond au grand trochanter, ne s'avancerait que jusqu'à la moitié du bord supérieur du col du fémur. Il n'atteindrait pas la circonférence de la plate-forme, sur laquelle s'appuie et se fixe le point épiphysaire propre à la tête de cet os. Mais les dessins publiés [1] à ce sujet ne concernent que l'adolescence, c'est-à-dire des jeunes gens de 15 à 18 ans, et non le très jeune âge.

Or, quand sur des fémurs d'enfants jeunes et d'adolescents âgés de moins de 15 ans, de l'époque de la Pierre polie, chez lesquels aucune épiphyse supérieure n'est encore soudée à la diaphyse, on examine comment se présente le bord supérieur du col, on constate qu'il y a là, non pas une partie amincie, mais une véritable *surface*, aplatie, d'aspect trapézoïdal, qui sert de support au point épiphysaire du grand trochanter, absent bien entendu sur les pièces recueillies en ossuaire vierge.

---

[1] P. POIRIER, *Traité d'Anatomie*, t. 1, p. 227, fig. 239. — SAPPEY, etc.

Et, contrairement à ce qu'on a publié, on voit que cette surface *atteint la périphérie même de la tête* et arrive à son contact immédiat, dans le très jeune âge, si bien qu'il y alors *fusion complète!* Par conséquent, à ce moment, les masses cartilagineuses, qui donneront les deux épiphyses, devant nettement s'isoler par la suite, n'en forment qu'une seule et *unique*, comme d'ailleurs on l'avait déjà remarqué, et non pas *deux*, absolument distinctes.

Cette surface, quand la diaphyse fémorale a atteint 180^{mm} de longueur, mesure au moins 25^{mm} de hauteur; la grande base externe de ce trapèze a alors 20^{mm}, la petite externe n'ayant que 14^{mm}. Toutes proportions gardées, cette plate-forme d'insertion est donc alors très considérable!

J'ai mesuré cette surface d'articulation sur une série de 13 pièces, provenant de l'allée couverte de Vaudancourt (Oise), sépulture qui n'a pas donné d'os plus court que 180^{mm}. Mais, dès que le fémur dépasse cette longueur, cette *surface* S'ÉLOIGNE, *peu à peu*, DE LA TÊTE. J'ai noté les distances de 4^{mm}, 6^{mm}, 12^{mm}, 15^{mm}, 17^{mm}, 22^{mm}, 23^{mm} sur 7 des os examinés, les distances de 4, 6, 12 correspondant à des fémurs de 200^{mm}, 220^{mm} et 275^{mm} de longueur totale, intacts.

Cela explique pourquoi à 16-18 ans la *distance a atteint le chiffre* qu'indiquent les ouvrages classiques, c'est-à-dire plus de 25^{mm}.

Et cela est certainement dû à ce que le col osseux continue, de 0 à 15 ans, à croître, tandis que la *masse cartilagineuse du grand trochanter s'arrête elle-même de grandir*, dès que l'os a atteint 180^{mm} de long, c'est-à-dire quelques années seulement après la naissance ([1]).

Quand on étudiera ce phénomène sur des cadavres, parfaitement *datés* par l'état civil (par exemple dans les amphithéâtres des hôpitaux d'enfants), on obtiendra un nouvel et excellent *chronomètre anatomique*, qui permettra de déterminer exactement l'âge des jeunes enfants, à l'aide de cette seule extrémité supérieure d'un ossement, qui se conserve très bien dans les sépultures, même à inhumations.

Par suite, c'est là une donnée qu'il importe de retenir en *Médecine légale*, car elle peut être d'un très grand secours et est ignorée.

Il faut noter, en outre, qu'au cours de la croissance, la forme trapé-

---

([1]) A l'humérus, cet isolement de la tête et du grand trochanter ne se produit jamais; chez l'adulte, la *fusion persiste*, intime, toujours.

Cela prouve bien que le phénomène, sur lequel j'insiste ici, est dû au développement tardif, isolé du *col*, conséquence forcée de la *bipédité* humaine, mais qui remonte aux quadrupèdes, puisque la bipédité n'est pas primitive.

zoïdale de la surface articulaire en question change d'aspect; elle devient triangulaire dans l'adolescence surtout, si bien que ce changement constitue un autre mode de contrôle, digne d'intérêt, quoique moins précis.

On doit remarquer encore que, dans cette période de la vie, la *cavité* rétrochantérienne, dite *digitale* (fossette en coup de pouce), *n'existe pas;* cette dernière n'apparaît qu'après les soudures de l'épiphyse, c'est-à-dire quand cette dernière portion du fémur cesse d'augmenter de volume. C'est encore là une constatation précieuse, non signalée jusqu'à présent.

COMITÉ SECRET.

La Section de Médecine et Chirurgie présente, par l'organe de M. d'Arsonval, en l'absence du Doyen empêché, la liste suivante de candidats à la place vacante par suite du décès de M. *A. Dastre :*

En première ligne . . . . M. **Fernand Widal**
En seconde ligne. . . . . M. **Anatole Chauffard**
En troisième ligne . . . . M. **Hyacinthe Vincent**

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

A 16 heures et quart l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 18 heures.

A. Lx.